

綜論：氣候變遷與動物健康

李璠*

行政院農業委員會家畜衛生試驗所

摘要 氣候變遷是指地球氣候與天氣型態顯著且長期的變化，對地球環境造成的影響有許多不同的面向。氣候不同程度的改變，會導致生態與物種生活型態的改變，影響所及也包括人類與畜養的家畜禽。氣候變遷對動物健康的影響有直接及間接的影響，造成的影響也好壞互見。氣候變遷對動物的生理、免疫系統、對疾病的感受性都有直接的影響；間接的影響包括對寄生蟲、病媒與糧食作物產量的影響。氣候變遷對動物健康的影響涉及的因子很多，各種因子可能會相互影響或制衡，目前整體而言尚無定論，需要更長時間的研究。

關鍵字：氣候變遷、動物健康。

緒言

依據韋氏辭典的定義，「氣候變遷(climate change)」是指地球氣候與天氣型態顯著與長期的改變[1]。氣候變遷持續的時間，短則數十年，長則可達數百萬年。自從工業革命以後，人類的活動直接或間接地影響了地球的氣候，導致地表溫度逐漸上升，也就是所謂的「全球暖化(global warming)」。

氣候變遷對地球造成的影響有多種不同的面向，譬如冰河與海面冰層厚度、海平面高度、地表植被分布、開花結果時序、物種演化等。對生物而言，長期的氣候變遷會推動物種的演化以適應新的氣候環境；短時間的急遽氣候變化則可能導致部分物種的滅絕。都市化、生產經濟作物等土地利用方式的改變，都會損害生物多樣性[3]。

氣候變遷對於動物健康的影響，依其影響的方式，可以概略分為「直接」與「間接」兩個面向。氣候變遷對動物健康的直接影響主要源自於氣溫上升造成的熱緊迫，進而引發動物的代謝異常、免疫力下降、氧化壓力(oxidative stress)，甚至死亡；此外，由於劇烈氣候波動出現的強降雨、洪水、嚴重乾旱等災害，也是影響動物生存的外在因素。至於氣候變遷對動物

健康的間接影響，範圍包括環境因子對病原微生物存活與病媒生物的影響，乃至於對飼料供給、有效牧地面積、生態環境、經濟活動與對人類行為的改變[4]。本文即以這兩個面向為主軸，略述這些改變對經濟動物與畜牧產業造成的效應。

氣候變遷對動物健康的直接影響

氣候變遷最容易讓人感受到的徵象便是氣溫的變化。自1980年代至今，全球的平均溫度在四十年之間上升了約攝氏1度。依據2019年美國環境資訊中心(National Centers for Environmental Information)全球氣候報告，2019年是過去140年以來平均氣溫次高的年度，僅次於2016年。2019年陸地與海洋的均溫高於平均值攝氏0.95度[5]。除了平均氣溫上升之外，氣候的變化也反映在每年寒冷的天數減少、冬季變短、一年中雨量的分布改變[6]。

恆溫動物的體溫，顧名思義不易因外在環境溫度改變而發生變化。當環境溫度發生改變時，動物利用生理的調節機制維持體溫的恆定。恆溫動物因應環境溫度上升的方式，不外乎排汗、增加呼吸速率、降低採食量與改變行為[7,8]。這些生理上的變化，對於遭受熱緊迫(heat stress)的動物，僅能提供有限度且短

*抽印本索取作者
行政院農業委員會家畜衛生試驗所

期的保護，長期處於高溫的環境中，將會引發動物的代謝異常、免疫力下降、氧化壓力，甚或導致死亡。

以反芻動物為例，代謝性酸中毒是牛隻的跛足(lameness)的主要原因之一，而熱緊迫正容易引發酸中毒。受到熱緊迫的牛隻，在每天氣溫較高時吃得少，然後在較涼快時大量進食，容易導致酸中毒，進而引發蹄葉炎[9]。動物在炎熱的時候吃得少但耗能多，入不敷出的結果便是體重減輕或是體脂肪逐漸耗損。特別是夏季期間的泌乳牛容易因而引發酮病[10]或脂肪肝(liver lipidosis) [11]，其原因都是能量攝取的失衡，而環境溫度過高往往是掩藏在背後的元兇。熱緊迫也影響牛的繁殖性能，高溫不利於公畜的精蟲生成，對母畜也有降低卵子品質、增加胚胎死亡率、降低受孕率等的負面影響[12]。對乳牛而言，高溫會導致泌乳量下降，而且對產乳量的的衝擊是長期性的，並不會因為氣溫下降而立刻回升，有時甚至整個泌乳期的產乳量都無法回升 [13]。熱緊迫對肉牛的影響，雖然不會像乳牛一樣立即反映在產量上，但高溫造成的不適會損及肉牛的動物福利，長期而言依然會影響牛肉的品質與產量[12]。

在山羊方面，熱緊迫會減少採食量、增加採食次數及時間、增加飲水量、減少排便及排尿次數、流涎、張口呼吸、嗜睡，嚴重時虛脫、抽搐甚至死亡。山羊在熱緊迫下，生長變得遲緩，產乳量會下降，免疫力與生殖能力也下降[1]。

相較於哺乳動物，禽類由於有羽毛被覆與缺乏汗腺，對於溫度的變化似乎更加敏感[14]。對雞隻來說，環境溫度上升時，熱緊迫對於雞隻的蛋殼品質、繁殖能力、免疫能力、臟器重量都有負面影響。更直接的數據顯示，慢性熱緊迫會降低肉雞的採食量達16.4%、降低體重32.6%、增加飼料轉換率(feed conversion ratio，飼料消耗重除以雞隻增重) 25.6% [15]，使得雞肉的蛋白質比率下降但脂肪的比率升高[16]；高溫影響呼吸速率，增加呼吸速率造成血液與肌肉的pH值上升。這些影響提高飼養成本且不利於雞肉品質。對蛋雞而言，熱緊迫可使雞蛋產量減少36.4%、雞蛋重量降低3.41%[17]，也會降低蛋殼厚度、增加破蛋率。

氧化壓力是因為體內自由基過量或抗氧化物質不足所造成的失衡現象，雖然其作用機制不像傳染病那般顯而易見，但被認為可能與肺炎或腸炎等疾病有關。牛隻在夏季的血清中抗氧化物質、胡蘿蔔素、維生素E的濃度比冬季低，顯示抗氧化物質在體內的含量與氣溫有關[4]。

高溫環境對動物健康的影響雖然與動物品種、年齡、暴露時間有關，但高溫環境是動物健康的不利因子，卻是普遍的事實。高溫使動物的免疫力下降，進而使動物容易受病原微生物感染，疫苗接種的效果也會降低；動物受到感染後，其繁殖性能、生長效率都會下降，還可能增加抗生素的使用，間接促使微生物抗藥性的問題雪上加霜。

高溫還可能導致動物的罹病率與死亡率升高。當體溫超過正常溫度3至4度時，可能造成動物中暑、暈眩、熱痙攣，最後造成器官衰竭。Vitali等學者對乳牛的研究指出，義大利中部的乳牛場，臨床性乳房炎(clinical mastitis)的罹患率以夏季最高，其次為春季[18]。熱浪來襲之後的數日內以及熱浪持續的時間較久時，乳牛的死亡率都會升高[19,20]。綿羊、豬、兔、家禽也都有因熱浪來襲而大量死亡的例子。溫度的變化對於水產養殖業的影響，可能比陸生動物更為顯著。水溫的上升直接侷限了養殖地點的選擇，也會增加對水生動物的熱緊迫、提高對疾病的感受性，並且影響病媒的分布[21]。

氣候變遷對動物健康的間接影響

就病原微生物的面向來看，新浮現或再浮現傳染病的發生，與氣候變遷也有潛在關係。然而，由於這種關係並非線性關係，產生的機轉頗為複雜，難以預測[22]。

以A型流行性感冒病毒基因的演化為例，雖然就長期趨勢而論，A型流行性感冒病毒M2蛋白基因的演化與全球氣溫的升高呈正相關，但卻無法建立兩者之間的因果關係[23]。關於家禽流行性感冒病毒，氣候變遷已知會影響候鳥的遷徙，而候鳥因氣候變遷而改變了遷徙時間或遷徙路徑的演化，也會牽動家禽流行性感冒病毒的散播與演化，但是由於觀察這些變化的時間還不夠長，科學家對於氣候變遷究竟是否會對家

禽流行性感冒病毒的演化有決定性的影響，目前仍持保留的態度[24]。

對於人畜共通傳染病而言，氣候變遷會改變疾病的盛行率與其分布區域。以印度為例，日本腦炎、利士曼原蟲病、萊姆病、鼠疫等蟲媒人畜共通傳染病以及霍亂、鉤端螺旋體病、E型肝炎、大腸桿菌症、布氏桿菌症、李斯特菌症，黴菌毒素中毒等經水或食物傳播的人畜共通傳染病有隨著全球暖化而增加或蔓延的趨勢[25]。臺灣跨越二十年的研究也顯示氣候改變與日本腦炎的盛行有關[26]。加拿大對食媒性細菌病原的研究顯示，彎曲桿菌(*Campylobacter* spp)污染肉品的機率也受氣候影響[27]。以炭疽病為例，利用2006年至2015年世界動物衛生組織通報病例及ProMED-mail電子監測系統的資訊進行分析，高緯度地區氣溫的持續升高，會使動物炭疽病病例出現的風險升高。導致炭疽病發生率升高的可能機制，包括：永凍層融解使因感染炭疽病死亡的動物屍體解凍後重新暴露、乾燥有利於炭疽菌孢子的散播、氣溫升高使動物免疫力下降等[28]。

氣候變遷呈現的環境變化不只是氣溫，其他氣候因子諸如風場、降雨模式、相對溼度也會產生變化。這些氣候因子的改變，也都會牽動著人類的經濟活動與動物的棲地，間接地影響了動物的健康與福祉。

放牧是許多國家豢養牛羊的方式，牧地的面積、牧草的品質，皆左右著牛羊的乳和肉產量，直接影響人類攝取之動物性蛋白來源。澳大利亞的研究指出，年平均雨量愈少、月間降雨量的差異愈大，動物族群規模也會萎縮[29]。氣候變遷對於畜牧產業的影響，還包括上游的飼料供應問題。洪災、乾旱、水質劣化，均會影響糧食作物的穩定供應，而玉米、黃豆等糧食作物正是飼料的主要原料，一旦這些作物的產量縮減，長期而言畜產品價格必然隨之牽動。

氣候變遷的另一個常見徵候是雨量的不均勻。強降雨造成的洪水，除了直接衝擊動物的棲地與牧地之外，將大量的動物排泄物沖刷到河川與用水系統，對於缺乏自來水系統等公共基礎建設的地區而言，病原微生物隨著排泄物進入人與動物的飲水系統，增加了傳染病散播的風險[25]。人類及其豢養的家畜因為乾

旱、颶風、洪水等天災而遷移居住地的行為，也會讓傳染病隨著人與動物的移動改變分布的版圖[30]。

高溫高濕的環境有利黴菌孳生，如果採收、乾燥與儲存糧食作物的過程沒有適當管控環境條件，黴菌產生的黴菌毒素也會對食入發黴食物動物的肝臟、腎臟、消化道黏膜、腦、生殖系統造成傷害，引起急性的疾病。即便是低濃度的黴菌毒素，長時間的暴露也會減緩幼齡動物的生長速度，降低免疫能力，使動物更容易受到感染。以麥角毒素中毒(ergotism)而言，加拿大的研究發現氣候變遷有利於穀物中麥角毒素的生成，在2011年的調查，加拿大西部出產的小麥，有多達20%可驗出不同含量的麥角毒素[31]，這種毒素均有害人類與動物的健康。

寄生蟲感染的盛行率也可能受到氣候的影響。以胃腸道寄生蟲為例，雖然它們影響禽畜健康的階段是它們寄生在動物消化道內的時期，但它們生活史中大部分的時間都是在家禽與家畜的體外，因此也會受到外在環境的影響。Rose [32]運用一個稱為「GLOWORM-FL」的軟體模擬捻轉血矛線蟲(*Haemonchus contortus*)、棕色胃蟲(*Teladorsagia circumcincta*)、奧斯特線蟲(*Ostertagia ostertagi*)等三種反芻獸寄生蟲因季節性氣溫變化而受到的影響。結果發現對於小型反芻獸來說，氣溫升高的時候有增加捻轉血矛線蟲和棕色胃蟲感染的可能。但是，對牛而言，氣溫升高對於讓奧斯特線蟲感染的可能性降低。這樣的結果顯示對寄生蟲感染而言，氣溫對寄生蟲感染造成的效應在不同宿主動物與寄生蟲之間並不一致，實際的影響端視宿主動物與寄生蟲種類而異。

家禽流行性感冒病毒的演化，與候鳥的移動關係密切。對於長途跋涉的候鳥而言，氣候因子當然是影響候鳥遷徙的重要因素之一。日本科學家透過分析日本宮崎縣可能傳播高病原性家禽流行性感冒病毒的十種「風險候鳥(risky birds)」與氣候因子的相關性，推論「最高日均溫(average daily maximum temperature)」、「全球平均日照(mean value of global solar radiation)」、「每日最大降雨量(maximum daily precipitation)」三項氣候因子與這些候鳥的遷徙具有相關性[33]。平均氣溫、雨量、日照這些氣候因子，

也會隨著氣候變遷改變，對於病毒的演化與分布，可能構成間接的影響。

蟲媒動物傳染病的散播與盛行，也與傳播媒介在自然界的族群及分布緊密相連。對於節肢動物病媒而言，氣候變遷帶來的暖化與分布不均的降雨，直覺上給人容易孳生蚊蚋、加速疾病傳播的印象；但是氣候的改變，對節肢動物的繁衍卻未必絕對有利。關於壁蝨，歐洲的研究顯示歐洲的主要三種病媒壁蝨 *Rhipicephalus sanguineus*、*Dermacentor reticulatus*、*Ixodes ricinus*，長期調查均顯示分布的區域向北、向東逐漸擴展[6]。降雨對於蚊的滋生來說是雙面刃；雨水固然可以提供潮濕積水的環境，使幼蟲孑孓能夠生長及蛹化，但是大量降雨也會沖刷已經存在於水域中的孑孓與蛹，對於蚊的族群繁衍是正面還是負面效應，端賴實際的情境而定[34]。高溫對於病媒昆蟲而言，未必是利多因子。Onyango等人[35]研究埃及斑蚊 (*Aedes aegypti*)與白線斑蚊 (*Aedes albopictus*)攜帶茲卡病毒(Zika virus)的能力時發現，在實驗室環境下飼養的斑蚊，環境溫度愈高，成蟲壽命、成蟲吸血的比率、攜帶病毒的能力三者均愈低。對於另一類雙翅目病媒昆蟲庫蠓 (*Culicoides* spp.)而言，它攜帶的藍舌病病毒 (bluetongue virus) 和施馬倫貝格病毒 (Schmallenberg virus)自1996年以後在二十餘年間造成西歐牛羊群相當大的損失，這些疫情也被認為與全球暖化有關[35]。英國科學家Wittmann等人[36]曾利用伊比利半島1931年至1960年與1961年至1990年的氣候資料進行模擬，在氣溫提高攝氏2度的假設下，暖化確實有利於庫蠓 (*Culicoides imicola*，藍舌病與非洲馬疫的病媒昆蟲)的棲地在西歐向高緯度區域擴展，也符合1990年代末期藍舌病在歐洲蔓延的實際疫情。

還有一個較不為畜牧獸醫領域關注的問題是自然界野生蜜蜂的存續。蜜蜂是自然界傳遞花粉的主要傳播者，對開花植物的繁衍後代、農作物的開花結實扮演關鍵性的角色。自1996年後，世界各大洲不同品種的蜜蜂在自然界中受到蜂房小甲蟲 (small hive beetle, *Aethina tumida*)的寄生，使蜜蜂族群的生存大受威脅。無奈氣候變遷造成土壤溫度及濕度的上升，

環境條件有利於蜂房小甲蟲幼蟲的蛹化，對蜜蜂而言是雪上加霜[37]。目前蜂房小甲蟲的危害面積仍持續增加，還找不到有效的控制對策。

氣候變遷因子的交互作用與制衡

雖然氣候變遷的諸般變化會對動物的健康產生前述的種種影響，但這些直接或間接的影響未必是彼此協同或加乘的；這些影響有時也會相互制衡，抵銷彼此影響的強度與方向。

譬如溫度雖然有利於寄生蟲與病媒節肢動物的繁衍，但溫度也會提高這些生物的死亡率、降低病媒的叮咬率[3]；溫度升高有助壁蝨的散播，但乾旱與洪災能暫時降低壁蝨的分布[38]。對於病原微生物的宿主動物而言，氣溫上升也會促使這些動物調整自己適應環境，甚至尋找不利於病原生存的環境。例如孔雀魚 (Trinidadian guppy, *Poecilia reticulata*)感染外寄生蟲 *Gyrodactylus turnbulli* 時，會游往水溫較高的環境 (39)。酪農業雖然被認為是產生溫室氣體的主要來源之一，但是酪農業本身也可能身兼加害者與受害者。Gauly等學者對中歐酪農業所做的綜合分析指出，氣候變遷對於酪農業的正反兩面影響都有。氣溫升高與大氣二氧化碳濃度上升有利於牧草生長，但強降雨和乾旱等極端氣候對牧地則會造成衝擊；氣溫升高會使牧草的莖葉比 (stem to leaf ratio) 和植物組織內細胞壁的占比升高，讓動物吃下後的消化率降低[40]。

結語

氣候變遷對動物疾病的影響，由於相關的因子繁多而且影響的機制錯綜複雜，大幅增加了研究與分析的困難度；有些疾病的趨勢雖然與氣候因子呈現正相關，但是兩者之間的因果關係卻未必能夠清楚地理出脈絡。在這樣的複雜性與不確定性之下，對特定疾病的預測自然難上加難，遑論透過人為的介入避免特定疫情的發生。然而，氣候變遷對疾病版圖與出現頻度的改變已然浮現，對人類與畜牧業的衝擊難以忽略。與其漫無邊際、缺乏科學依據的預測，不如著眼於當前可以努力的幾個面向：

一、持續改善灌溉、飲水、運輸等基礎建設，促進畜牧設施生物安全的強化與產業的升級。

二、持續監測傳染病的盛行與分布，及時發現問題並尋求對策。

三、透過國際及公私領域的合作，共同處理區域性的動物健康與環境議題。

參考文獻

1. 范耕榛、林義福。通風、飲水、飼糧營養，紓解山羊熱緊迫的可能作為。羊協一家親 81:14-15。2020。
2. Merriam-Webster.com Dictionary, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/climate%20change>
3. Cable J, Barber I, Boag B, Ellison AR, Morgan ER, Murray K, Pascoe EL, Sait SM, Wilson AJ, Booth M. Global change, Parasite transmission and disease control: lessons from ecology. *Phil Trans R Soc B* 372:20160088. 2017.
4. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers* 9:26-31. 2019.
5. NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2019, published online January 2020, retrieved on March 16, 2020 from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913>.
6. Beugnet F, Chalvet-Monfray K. Impact of climate change in the epidemiology of vector-borne diseases in domestic carnivores. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 36:559-566. 2013.
7. Godyn D, Herbut P, Angrecka S, Corrêa Vieira FM. Use of Different Cooling Methods in Pig Facilities to Alleviate the Effects of Heat Stress—A Review. *Animals* 10:1459. 2020.
8. Hill DL, Wall E. Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. *Dairy Sci* 100:2240-2257. 2017.
9. Cook NB, Nordlund KV. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet J* 179:360-369. 2009.
10. Lacetera N, Bernabucci U, Ronchi B, Nardone A. Body condition score, metabolic status and milk production of early lactating dairy cows exposed to warm environment. *Riv Agric Subtrop Tro* 90:43-55. 1996.
11. Basirico L, Bernabucci U, Morera P, Lacetera N, Nardone A. Gene expression and protein secretion of apolipoprotein B100 (ApoB100) in transition dairy cows under hot or thermoneutral environments. *Proc XVIII Congr Naz Ass Sci Prod Anim* 8:592-594. 2009.
12. Summer A, Lora I, Formaggioni P, Gottardo F. Impact of heat stress on milk and beef production. *Animal Frontiers* 9:39-46. 2019.
13. Ravagnolo O, Misztal I. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Parameter Estimation. *J Dairy Sci* 83:2126-2130. 2000.
14. Loyau T, Berri C, Bedrani L, M'etayer-Coustard S, Praud C, Duclos MJ, Tesseraud S, Rideau N, Everaert N, Yahav S, Mignon-Grasteau S, Collin A. Thermal manipulation of the embryo modifies the physiology and body composition of broiler chickens reared in floor pens without affecting breast meat processing quality. *J Anim Sci* 91:3674-3685. 2013.
15. Sohail MU, Hume ME, Byrd JA, Nisbet DJ, Ijaz A, Sohail A, Shabbir MZ, Rehman H. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poult Sci* 91:2235-2240. 2012.
16. Zhang ZY, Jia GQ, Zuo JJ, Zhang Y, Lei J, Ren L, Feng DY. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poult Sci* 91:2931-2937. 2012.
17. Star L, Juul-Madsen HR, Decuyper E, Nieuwland MG, de Vries Reilingh G, van den Brand H, Kemp B, Parmentier HK. Effect of early life thermal conditioning and immune challenge on thermotolerance and humoral immune competence in adult laying hens. *Poult Sci* 88:2253-2261. 2009.

18. Vitali A, Bernabucci U, Nardone A, Lacetera N. Effect of season, month and temperature humidity index on the occurrence of clinical mastitis in dairy heifers. *Adv Anim Biosci* 7:250-252. 2016.
19. Vitali A, Segnalini M, Bertocchi L, Nardone A, Lacetera N. Seasonal pattern of mortality, and relationships of mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *J Dairy Sci* 92:3781-3790. 2009.
20. Vitali A, Felici A, Esposito S, Bernabucci U, Bertocchi L, Maresca C, Nardone A, Lacetera N. The effect of heat waves on dairy cow mortality. *J Dairy Sci* 98:4572-4579. 2015.
21. Walker PJ, Winton JR. Emerging viral diseases of fish and shrimp. *Vet Res* 41:51. 2010.
22. Lake IR, Barker GC. Climate change, foodborne pathogens and illness in higher-income countries. *Curr Envir Health Rpt* 5:187-196. 2018
23. Yan SM, Wu G. Trends in global warming and evolution of matrix protein 2 family from influenza A virus. *Interdiscip Sci Comput Life Sci* 1: 272-279. 2009.
24. Gilbert M, Slingenbergh J, Xiao X. Climate change and avian influenza. *Rev Sci Tech* 27:459-466. 2008.
25. Singh BB, Sharma, R, Gill JPS, Aulakh RS, Banga HS. Climate, zoonoses and India. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 30:779-788. 2011.
26. Hsu SM, Yen AMF, Chen THH. The impact of climate on Japanese encephalitis. *Epidemiol Infect* 136:980-988. 2007.
27. Smith BA, Meadows S, Meyers R, Parmley EJ, Fazil A. Seasonality and zoonotic foodborne pathogens in Canada: relationships between climate and *Campylobacter*, *E. coli* and *Salmonella* in meat products. *Epidemiol Infect* 147:e190, 1-10. 2019.
28. Walsh MG, de Smalen AW, Mor SM. Climatic influence on anthrax suitability in warming northern latitudes. *Sci Report* 8:9296. 2018.
29. Godde C, Dizyee K, Ash A, Thornton P, Sloat L, Roura E, Henderson B, Herrero M. Climate change and variability impacts on grazing herds: insight from a system dynamics approach for semi-arid Australian rangelands. *Glob Change Biol* 25:3091-3109. 2019.
30. Greer A, Victoria NG, David F. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *Can Med Assoc J* 178:715-722. 2008.
31. Coufal-Majewski S, Stanford K, McAllister T, Blakley B, McKinnon J, Chaves AV and Wang Y. Impacts of cereal ergot in food animal production. *Front Vet Sci* 3:15. 2016.
32. Rose H, Wang T, van Dijk J, Morgan ER. GLOWORM-FL: a simulation model of the effects of climate and climate change on the free-living stages of gastro-intestinal nematode parasites of ruminants. *Ecol Mod* 297:232- 245. 2015.
33. Arikawa G, Fujii Y, Abe M, Mai NT, Mitoma S, Notsu K, Nguyen HT, Elhanafy E, El Darous H, Kabali M, Norimine J, Sekiguchi S. Meteorological factors affecting the risk of transmission of HPAI in Miyazaki, Japan. *Vet Rec Open* 6:e000341. 2019.
34. Elbers ARW, Koenraadt CJM, Meiswinkel R. Mosquitos and Culicoides biting midges: vector range and the influence of climate change. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 34:123-137. 2015.
35. Onyango MG, Bialosuknia SM, Payne AF, Mathias N, Kuo L, Vigneron A, DeGennaro M, Ciota AT, Kramer LD. Increased temperature reduced vectorial capacity of *Aedes* mosquitos for Zika virus. *Emerg Microb Infect* 9:67-77. 2020.
36. Wittmann EJ, Mellor PS, Baylis M. Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 20:731-740. 2001.
37. Cornelissen B, Neumann P, Schweiger O. Global warming promotes biological invasion of a honey bee pest. *Glob Change Biol* 25:3642-3655. 2019.
38. Semenza JC, Menne B. Climate change infectious diseases in Europe. *Lancet* 9:365-375. 2009.
39. Mohammed RS, Reynolds M, James J, Williams C, Mohammed A, Ramsabhag A, van Oosterhout C, Cable J. Getting into hot water:

- sick guppies frequent warmer thermal conditions. *Oecologia* 181:911-917. 2016.
40. Gauly M, Bollwein H, Breves G, Brugemann K, S. Danicke S, Das G, Demeler J, Hansen H, Isselstein J, König S, Loholter M, Martinsohn M, Meyer U, Potthoff M, Sanker C, Schroder B, Wrage N, Meibaum B, von Samson-Himmelstjerna G, Stinshoff H, Wrenzycki C. Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal* 7:843-859. 2013.

Impacts of Climate Change on Animal Health

F Lee*

Animal Health Research Institute, Council of Agriculture

Abstract Climate change is significant and long-lasting changes in the earth's climate and weather patterns. Climate change influences the earth's environment in a variety of ways. These changes, major or minor, further result in the changes in ecology and life style of enormous species on this planet, including human being and domestic animals. Affection of climate changes to animal health can be direct or indirect and also positive and negative. Direct affection influences physiological and immunological conditions and disease susceptibility of animals. Indirect affection may include parasites' and vector's behaviors and crop production. These affections can interact or even balance to each other. Therefore, how climate change influences animal health is a multifactorial issue and currently inconclusive. Long-term investigation is necessary and encouraged.

Keywords: *climate change, global warming, animal health.*