

畜牧生產 與短壽期氣候驅動媒介

文/Gerard Wedderburn-Bisshop、
Lefkothea Pavlidis

譯者/劉中宇、周二南、鄭執翰、林欣瑩



©iStockgov from <http://www.everystockphoto.com/>

摘要

為爭取時間，使必要的二氧化碳長期減排措施奏效，短壽期氣候驅動媒介被認為是未來20年內緩和全球暖化危機的關鍵。甲烷、黑碳與對流層的臭氧，這三種短壽期暖化媒介的年排放總量，比起每年的二氧化碳排放量，對暖化有更大的影響。降低這三種氣候驅動媒介的排放量，可以有效減緩潛在的危險氣候變遷。本文探討如何僅改變一項人為活動——畜牧生產——即可大幅削減短壽期氣候驅動媒介及已留存於大氣中的二氧化碳。畜牧生產不僅被證明是甲烷、黑碳與對

流層臭氧（其生成受到甲烷的影響）的最大單一來源，也被認為是森林砍伐與露天燃燒（燃燒稀樹草原和森林）最大的元兇，因此從畜牧生產下手，即能以極低成本減少二氧化碳排放。減少畜牧生產，可以降低已存在於自然界中的二氧化碳、低成本復林，並增進土壤碳含量。此一產業對氣候的衝擊，提供了一個獨特機會來遏止全球暖化，讓科學界和政治界有更多時間謀求長期解決之道。

前言

2010年於坎昆舉行的《聯合國氣候變遷綱要公約》締約國大

關於作者：

Gerard Wedderburn-Bisshop及Lefkothea Pavlidis分別為世界保育基金會資深研究員及研究員。

關於譯者：

劉中宇、周二南為環保蔬食聯盟研究員、鄭執翰為環保蔬食聯盟主編。林欣瑩為環保蔬食聯盟特約譯者。

會中，各國同意將全球暖化程度限制在 2°C 範圍內（UNFCCC，2010）；不過，許多氣候科學界的研究人員逐漸瞭解到，單靠減少二氧化碳的排放，是不可能達到坎昆會議的目標的（Anderson & Bows, 2011；Betts等人，2011）。這促使研究者對短壽期氣候驅動媒介產生強烈的興趣，並導致這領域300位著名研究人員撰寫出一份重要報告（UNEP & WMO, 2011）。這份報告指出，雖然二氧化碳排放減量是必要的長期措施，但只需減少三種暖化媒介（甲烷、黑碳和臭氧）的排放量，就可大幅減緩未來50年內氣候變遷的速率。

世界保育基金會（World Preservation Foundation）認為這是一份突破性報告，因為它顯示出只要有限度地減少短壽期氣候驅動媒介，將能夠在2070年前將地球暖化程度限制在 2°C 以內；重要的是，它提供的減緩措施似乎是容易達成的。事實上，許多氣候科學家急切尋找方法要將暖化速度緩和下來，以使預期的減緩措施能夠奏效；而該報告為這些氣候科學家們帶來了希望。

除了這份由聯合國環境規劃署（UNEP）和世界氣象組織（WMO）聯合發表的報告中所指出的措施外，我們在此也提供一

種方法，能進一步減少短壽期氣候驅動媒介，進而大幅增強這些措施的有效性。此外，本文也提供一種方法，能大幅減少二氧化碳排放、降低已排放至大氣中的碳量，而且這個方法憑藉的只是低成本的自然過程。

短壽期氣候驅動媒介

減少短壽期氣候驅動媒介將有助於穩定氣候，並提供更多時間來落實二氧化碳減排措施。短壽期氣候驅動媒介的暖化潛勢/效應與壽命如下：

- **甲烷**的暖化潛勢若以20年為期來計算，是二氧化碳的72倍，但在大氣中開始分解消失的速度遠比二氧化碳快，半衰期只有7年（Solomon等人，2007）。
- **黑碳**（Black carbon）在空氣中是一種強力的暖化媒介，當其沈降在冰塊上，會有極大的暖化效應。據稱，全球淨暖化效應中有40%要歸咎於黑碳排放（Baron, Montgomery & Tuladhar, 2009）。然而，它在大氣中只能留存一至四個星期（Pew Center, 2010）。
- **地表臭氧或對流層臭氧**是另一種重大溫室氣體，其暖化效應估計約等於二氧化碳的20%（Wallack & Ramanathan, 2009）。它停留在大氣中大約

只需減少甲烷、黑碳和臭氧的排放量，就可大幅減緩未來50年內氣候變遷的速率。

只有20天，會形成煙霧並導致健康問題（Stevenson等人，2006）。

短壽期驅動媒介的輻射驅力如圖1所示，其乃擷取自IPCC第四次評估報告的表2.22（Solomon等人，2007）。該表的下半部分顯示，2000年所排放的甲烷、黑碳和臭氧在排放之後20年期間的暖化效應總和，超過了二氧化碳。因此，控制這三種媒介，就可以非常有效地減緩短期內的全球暖化。此圖顯示了每年排放量的暖化效應，它並沒有顯示出過去多年來排放到大氣中的溫室氣體的暖化效應。

在圖1中，標註為「短壽期氣體」的氣體，顯示了對流層臭氧的綜合效應。甲烷在此圖中被標註為「長壽期氣體」；然而，其

生命週期比起二氧化碳，可是短上許多。限制甲烷、黑碳和對流層臭氧不僅會減少淨暖化效應，而且將有顯著的健康利益：可防止每年240萬人因為這些物質而早逝（這些死亡案例主要發生在第三世界國家）；而且在糧食安全方面也有極大的好處：可避免全球1-4%的農作生產損失（UNEP & WMO, 2011）。

甲烷

眾所周知，來自人類活動的甲烷，至少有三分之一是源自畜牧業（反芻動物打嗝放屁、為開闢牧場而燃燒森林以及動物糞便），還有三分之一來自煤炭開採、石油和天然氣精煉等過程的逸散排放，10%來自水稻種植，約17%來自廢棄物，以及有少量來自土地利用、林業和能源生產（EDGAR V4.1, 2010），如圖2所示。大自然所排放的甲烷主要來自濕地，這可能也會受到氣候變遷的影響。

以排放後二十年期間來看，光是每年甲烷排放導致的全球暖化效應，就幾乎等同於二氧化碳年排放的暖化效應（Solomon等人，2007）。這就是為什麼減少人為的甲烷排放已成為許多減緩暖化計畫的重點方向。然而，目前甲烷排放減量的方案效果有限。目前有14個國家（尤其是中

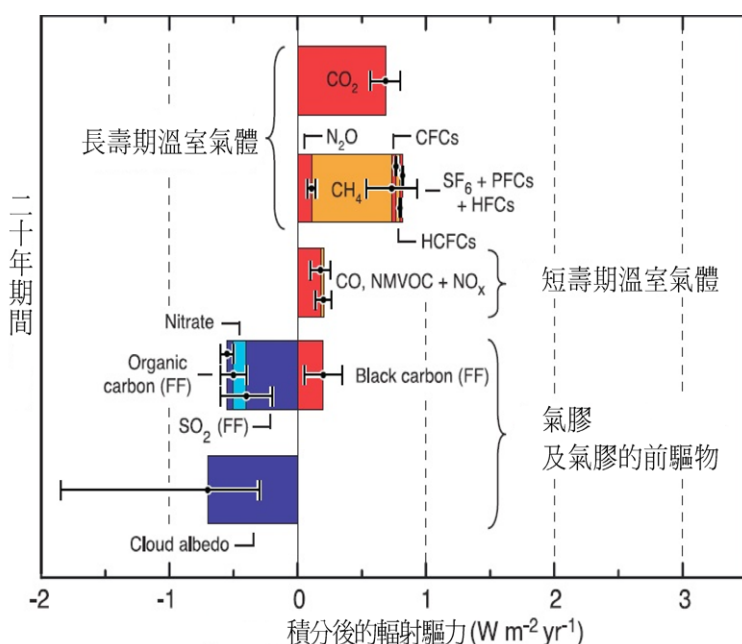


圖1. 以20年為期間積分後得到的輻射驅力

國和澳洲)的200個礦場，已成功地將逸散自煤炭開採過程中的甲烷捕集起來；這些被捕集起來的氣體不是用於能源或發電，就是排到燃燒塔燒掉成為二氧化碳（Balusu等人，2010）。雖然值得稱道，但這些礦場僅佔少數，而在露天礦場要捕集甲烷氣體是不可能的。

為減少反芻動物的腸道發酵，科學家們正積極尋求技術解決方案。在飼育場餵養牛的飼料中添加不同油脂，可能可以降低6-12%甲烷排放（Beauchemin等人，2008；McGinn等人，2006；Pettus，2009）。然而，飼料生產過程對環境造成的衝擊和排放溫室氣體，卻多少抵消了這種作法帶來的效益。基因改造被視為減少牛隻腸道發酵的另一種方式（Smith，2007），但其甲烷排放減量是很小的（Münger &

Kreuzer, 2008）；此外，消費者對基因改造的牛隻反應並不佳。

嘗試利用厭氧消化器捕集飼育場動物排泄物所排放的甲烷，已獲得一定程度的成功；但是，這個技術只能降低4%全球牲畜排放的甲烷（GMI, 2010），而且，因價格昂貴尚未被廣泛採用（GMI, 2011）。此外，這類型技術是依附於動物排泄物可以被集中處理的工業化養殖；但是這種集約化的養殖方式帶來許多問題，如環境問題（包括水和空氣污染），對社區的社會問題，威脅到當地的公共衛生，以及可能滋生流行性疾病，如豬流感和禽流感（Pew Commission, 2009）。也有越來越多的消費者，基於動物福利立場避免購買工業化養殖的肉品（D'Silva, 2000；Dannenberg, 2011；Oogjes & Caulfield, 2008）。

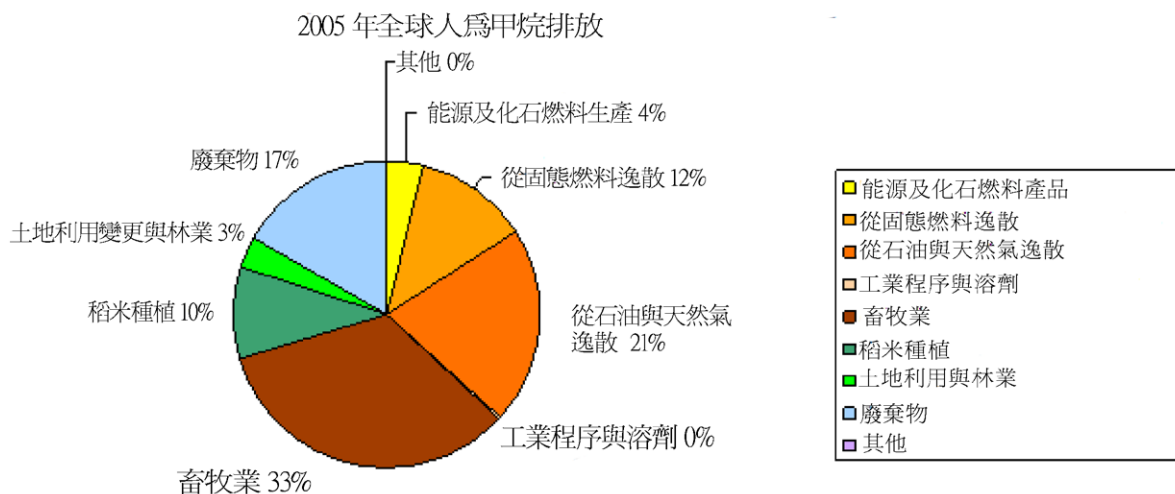


圖2. 人為甲烷排放



肉食習慣和暖化有密不可分的關係。

儘管科學家嘗試各種方案試圖減少甲烷，最有效的方法還是減少肉類和奶製品的消費。

來自達爾豪斯大學（Dalhousie University）和倫敦衛生暨熱帶醫學學院（London School of Hygiene and Tropical Medicine）的研究人員認為，整體來說技術解決方案並不足以降低牲畜的溫室氣體排放；他們並明確推論說，改變人類飲食模式以減少動物性蛋白的消耗將是必要的（Friel等人，2009；Pelletier & Tyedmers，2010）。

顯然，最有效的甲烷排放減量方法是快速減少肉類和奶製品的消費，而這些動物性食品可以很容易地以植物性食品來取代。植物性食品的生態足跡遠較動物性食品為小，並有正面的消費者反應（Goodland & Anhang，2009）。這個結論更是重要，因為甲烷減量是限制對流層臭氧的產生最有效的方法（Fiore等人，2008）。

黑碳

黑碳（碳煙），是種強力的暖化媒介，來自於化石燃料的不完全燃燒。這種黑色微粒會吸收太陽光並重新放出熱量，而導致大氣升溫。來源包括柴油引擎排氣和生物質燃燒（來自發展中國家還在使用的爐灶，以及露天燃燒，即森林與草原的燃燒）（Levine，1994）。其中我們知道的黑碳排放最大來源是露天燃燒，佔42%（Bond，2007，引用於Baron等人，2009）；而露天燃燒中有80-90%是故意引燃的（Lauk & Erb，2009）。

黑碳在大氣中的加熱能力往往會被和它一起排放出來的氣膠所抵消（Lamarque等人，2010；Seinfeld，2008）。這兩種物質互抵之後的效應，絕大部分取決於煙的顏色：白色煙霧冷卻效果較大，黑煙則加熱效果較強。在某些情況下，煙雲暖化了大氣，但因遮蔽陽光而冷卻了地表；這種現象被稱為「全球暗化」。

當黑碳落在地表冰塊上，如北極與冰川地區，會造成冰快速融化（Wallack & Ramanathan，2009）。美國航太總署哥達德太空研究所（NASA's Goddard Institute for Space Studies）德魯史金德博士（Drew Schindell）的研究顯示，最近北極地區的暖化（即過去30年來），30%以上

可能是由黑碳所引起，結果造成北極海冰的加速融化（Schindell & Faluvegi, 2009）。其他因黑碳沈降物導致融冰的現象則是發生在喜馬拉雅山、瑞士阿爾卑斯山和南極洲（Simoes & Evangelista, 2010）。

里約熱內盧州立大學（Rio de Janeiro State University）的研究人員最近在南極半島上發現源自於生物質燃燒的黑碳（Evangelista等人，2006），而南極半島是地球上升溫最快的地區。這些黑碳有一半以上可歸咎於牧場管理實務，其中大部份來自南美洲，高達30%則來自非洲（Evangelista等人，2006）。這研究點出牧場管理實務是南極融冰元兇之一的黑碳最重要的來源。在南極半島發現的來自南美洲的黑碳，大部份乃源自於畜牧業的生物質燃燒；

而亞馬遜地區的森林砍伐有80%左右是畜牧業所造成（Chomitz & Thomas, 2001）。

黑碳減量工作以往都聚焦在以更清潔、更高效的烹飪或加熱設備替換發展中國家的爐灶和磚窯，或者在柴油引擎排氣管上安裝過濾器（UNEP & WMO, 2011）。這些重要措施對於改善空氣品質、減緩暖化與解決健康問題上，將扮演著重要的角色。然而，黑碳最大的來源——露天燃燒，主要起因於畜牧生產，卻還未受到完全正視。根據哥本哈根共識中心（Copenhagen Consensus Center）的巴倫、蒙哥馬利和圖勒德等人的研究計算（2009），如果在南美洲和非洲執行計畫減少露天燃燒，將可減低80%的全球黑碳排放。

黑碳最大的來源主要來自畜牧生產帶來的露天燃燒，如果在南美洲和非洲執行計畫減少露天焚燒，將可減低80%的全球黑碳排放。

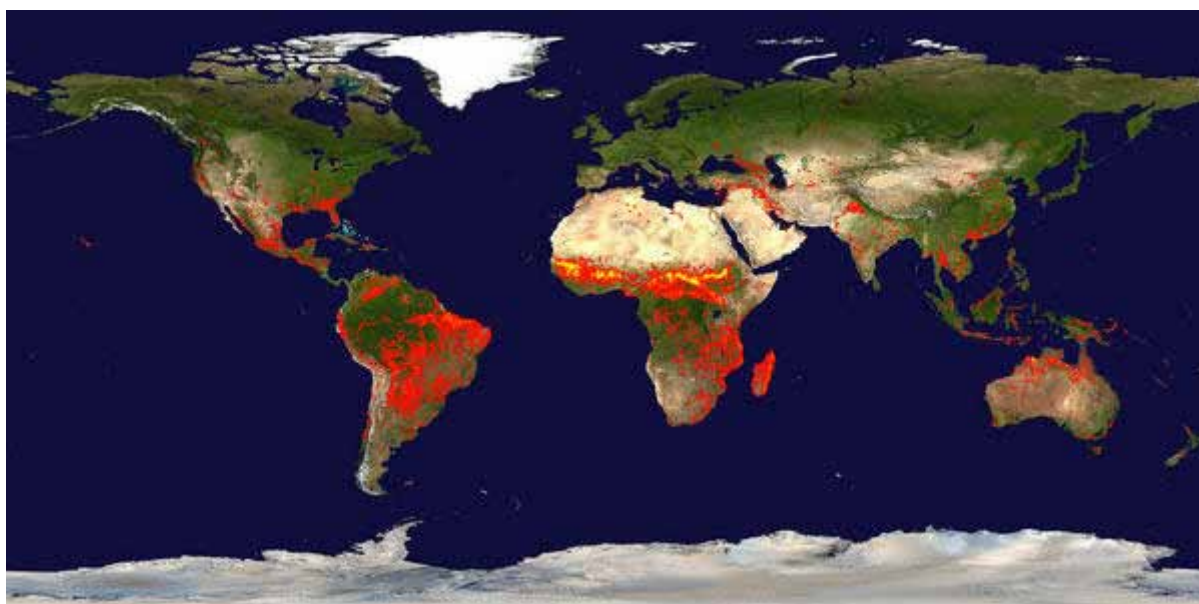


圖3. MODIS人造衛星於2010年8月19日到8月28日拍攝的露天焚燒地圖

過去200年來，
露天燃燒顯著
增加，與歐洲
前來殖民並帶
來他們牧場的
時間點一致。

黑碳與露天燃燒

由NASA的MODIS 衛星數據可看到全球每10天的露天燃燒分佈模式。比較圖3和圖6，可以看到火災分佈模式非常接近森林砍伐分佈模式。幾世紀以來，露天燃燒被用於阻礙樹木再生及促進牧草生長。2009年奧地利一份研究發現，80-90%的露天燃燒是故意引燃的，其目的是維護牧場或燃燒農作殘餘物（Lauk & Erb, 2009）。圖4中的圖片說明了燃燒和築籬如何用於抑制樹木再生。幾世紀以來，有許多神話描繪火是我們景觀不可分割的一部份，並被原住民用於狩獵和塑造景觀。有一份研究針對東南亞、澳大利亞和紐西蘭地區的223筆焦炭沉積物記錄進行詳實分析，結果清楚顯示原住民到達這些地區後露天燃燒並沒有增加；但過去200年來，露天燃燒卻顯著增加，這與歐洲前來殖民並帶來他們牧場

管理方式的時間點一致（Mooney 等人，2011）。從全球範圍來說，人為引起的露天燃燒所排放的二氧化碳佔全球總量的15%，這些二氧化碳大多數並沒有被植物重新生長所平衡吸收（van der Werf等人，2009）。停止用焚燒來除林和維護牧場，將會有立即的黑碳與二氧化碳減量效果。露天燃燒也嚴重衝擊人類健康和農作物生產。熱帶地區的焚燒所產生的褐雲會擾亂季風降雨，使得全球農作物收成減少1-4%。當露天燃燒加上爐火炊煙的效果，每年將導致240萬人過早死亡（Lauk & Erb, 2009；UNEP & WMO, 2011）。

對流層臭氧

平流層中的臭氧是有助於我們的氣候：它保護我們免受有害的太陽輻射。然而，在較低的大氣層中，它卻是一種強力的



圖4. 澳洲半乾旱疏林在排除火災與放牧後的結果：20年的再生（左上）、10年的再生（右上）和沒有排除的情形（前景）

暖化媒介，並是煙霧的主要成份，會導致嚴重的呼吸相關疾病（NRC，1991；Prather等人，2001）。藉由破壞植物細胞及減少葉綠素生產，臭氧也能抑制植物生長，而嚴重影響農作物產量（UNEP & WMO, 2011）。

當陽光照在大氣中的氮氧化物（來自交通工具和天然來源）、甲烷、一氧化碳和各種揮發性有機化合物上時，會促發一系列複雜的光化學反應而產生臭氧（NRC, 1991；Wallack & Ramanathan, 2009）。它會在大氣中存在數天至數週。

臭氧也是一種強大的溫室氣體，其排放後20年間的暖化效應，相當於20%的二氧化碳年排放量，如圖1所示。渥雷克和拉馬納坦估計（Wallack and Ramanathan, 2009），光是減少（對流層中一半的）臭氧，就可抵銷十年的二氧化碳排放量的暖化效應。哈佛大學阿爾貢國家實驗室（Argonne Laboratories）、美國環保署和其他地方的一些持續進行中的研究計畫已經確定，減少甲烷是控制臭氧最有效的方法（Fiore等人，2008；West等人，2007）。

由於畜牧生產過程中，包括反芻動物的腸道發酵、為維護牧場而採取的焚燒方式、動物排泄

物等都會排放甲烷，且這些甲烷佔所有人為甲烷排放量的三分之一（EDGAR V4.0, 2009），因此，它提供了最有效的單一方法來減少臭氧產生。

畜牧業對環境空前的衝擊

要了解畜牧業對環境有多大的衝擊，最好是從牲畜數量著手來進行檢視。畜牧業不單主宰著全球消費市場，資源與土地的利用，而且造成土地退化，更是水和空氣污染主要的肇因（UNFAO, 2006b）。聯合國糧農組織統計數據庫（FAOSTAT）的資料顯示，全球每年畜養高達680億隻動物（2009年資料），消耗了全球使用的淨初級生產力的58%，而人類只消耗了12%（Haberl等人，2007）。飼養牲畜的總重量比起野生動物的總重量，現在已經超過8:1（UNFAO, 2011），而古生物學家估計，飼養牲畜消耗的食物量已是巨型動物在其鼎盛時期所消耗食物量的6倍（Doughty & Field, 2010）。我們分配全球陸地的四分之一面積供畜牧生產使用，且投入45%的全球穀物來飼養牠們，而畜牧業只不過供應人類總攝取能量的17%而已（UNFAO, 2011）。

過去五、六十年來在已發展國家中，動物食品如肉、魚、蛋和奶製品的食用量呈現了驚人的

減少對流層中一半的臭氧，就可抵銷十年的二氧化碳排放量的暖化效應。而減少甲烷是控制臭氧最有效的方法。

因開闢牧場和種植牲畜飼料而被清除的林地面積佔所有被清除林地面積的60-80%。

成長。在1950年，全球肉品消耗量為4,700萬噸，到2005年時已攀升至2.84億噸（Brown, 2006；UNFAO, 2011），達到1950年的6倍，而人口在該期間只不過增長了1倍。人口本來就是氣候變遷爭論的焦點之一，但相較於過度增長之牲口所帶來的危險，也只能瞠乎其後了。因此畜牧活動對氣候帶來如此空前的衝擊，一點也不令人感到訝異。

數篇重要報告已指出這個不平衡的情形，其中包括2006年糧農組織發表的《畜牧業巨大的陰影》（Livestock's Long Shadow）（UNFAO, 2006b）。報告指出，我們種植了足夠的穀物，比餵飽全球每個人所需還多出一半。另一篇由前任世界銀行研究員古德蘭和現任研究員安杭所發表的論文（Goodland and Anhang, 2009）認為，所有人為溫室氣體排放量中有51%可歸咎於畜牧生產。該文因把牲畜呼吸所排放的二氧化碳納入計算而招致批評。據其估計，牲畜呼吸所排放的二氧化碳量，佔畜牧業總排放量四分之一以上。然而，我們既知每年畜養的牲畜總數，是全球人數的10倍之多，而且牲畜總重是其他野生動物總重的8倍，且如此龐大規模的牲畜之所以存在乃源於人類干預，因此把其呼吸量納入計算，是很合理正當的。

已留存於大氣中的二氧化碳

誠如聯合國環境規劃署與聯合國世界氣象組織的報告（2011）所正確指出，努力降低短壽期氣候驅動媒介，並無法取代二氧化碳減排措施；但對於已不可避免的暖化，可減緩其速率。要避免危險的氣候變遷，仍必須致力於減少二氧化碳排放，並降低已留存於大氣中的二氧化碳。下述的森林和土壤儲碳提供實現這兩目標的方法。

森林砍伐

過去十年來全球森林砍伐的平均速率為每年1,300萬公頃，約是每年360公里x360公里，比美國印第安納州的面積大。大多數的砍伐發生在發展中國家，砍伐面積遙遙領先的是巴西（佔超過全球森林砍伐面積的四分之一），其次是印尼（UNFAO, 2006a）。雖然各方估計值不一，但據「全球森林資源評估」（Global Forest Resource Assessment）數據顯示，森林砍伐的動機為：為伐木者佔10-15%，開闢做為小農農場者佔35-40%，做為牧牛場者佔20-25%，用於大規模農業者佔15-20%（UNFAO, 2006a）。因開闢牧場和種植牲畜飼料而被清除的林地面積佔所有被清除林地面積的60-80%之間（伐木後，土地經常被用於放牧）（McAlpine

等人，2009）。砍伐森林導致的碳排放量相當於來自化石燃料燃燒和生產水泥所排放溫室氣體的四分之一（Houghton, 2009）。因此大規模的減少畜牧業，可迅速降低森林砍伐的排放，還可降低林地清除後做為牧場及放牧時所導致的土壤碳含量損失（Lal, 2004）。在巴西，為放牧而砍伐森林的壓力是無比巨大，故以減少森林砍伐為目標的計畫，如「減少毀林及森林退化所致溫室氣體排放」（REDD）方案都聚焦在當地。巴西現有2億頭牛，並計劃將其加倍。巴西所有已清除森林中，有65-70%直接用於牧場養牛，另有20%用在種植牲畜飼料作物（Chomitz & Thomas, 2001），因此，肉類需求會直接衝擊森林的存續。在印尼和部分非洲地區，刀耕火種的務農方式是砍伐森林的第二大主因。2010年美國國際發展署（USAID）在馬達加斯加的研究發現，若採植物性的永續農耕方式（不採取動物性的農業資材）取代傳統的

刀耕火種，可促使作物多樣化及生長強化，進而增加農民平均收入20%，還可迅速降低森林清除的速度（USAID, 2010）。

復育森林與恢復土壤碳儲存

復育森林提供一個從大氣裡固碳的重大機會。牧場土地覆蓋地球陸地面積的25%之多（佔所有農業用地的70%）（UNFAO, 2006b），其中許多原本是森林。大部分森林會藉由塊莖、根和種子自然再生；必須不斷地藉重新砍伐、犁田和焚燒來斷絕森林的再生，這對想維護牧地的農場真是一場永無止歇的戰鬥。圖5即顯示了在澳洲乾旱疏林地和熱帶雨林兩個自然再生的例子。雖然復育森林尚未被廣泛視為一速效的減緩措施，但復林可在10年至30年間重新吸存碳，並會持續發展成為老熟林。Lal（2008）估計，在2000年到2050年間，造林可以吸存250億噸的碳，且在同一期間土壤也會重新儲碳（可超過地表上植被儲碳），讓過去土壤所

即使大氣中已有大量二氧化碳，復育森林不僅森林能夠吸存碳，土壤也能重新儲存損去的碳達一半以上。



圖5. 十年再生的金合歡（左）和五年再生的熱帶雨林（右）

全球若能轉型至低肉的飲食習慣，將可降低約50%的氣候變遷減緩成本；無肉飲食可降低70%的減緩成本，而完全無動物產品的飲食則可降低80%的成本。

損失的碳（420-780億噸）的50-66%重新回到土裡（Fisher等人，2007；Lal，2004）。這兩項措施可吸回至少10年的二氧化碳排放量。

糧農組織的全球森林評估（圖6）清楚標示出森林砍伐的熱點地區，同時也顯示了發生在中國令人驚奇的廣泛復林成果。中國政府早在1982年即下了一個具有遠見的決定，要每年種植十億棵樹。迄今仍在每年三月慶祝植樹節。

調適和減緩成本

美國自然資源保護委員會（Natural Resources Defence Council）預測，全球暖化若未能減緩，那麼其成本（無所作為的

代價）在美國將是每年1.9兆美元，其中一半將來自颶風破壞、房地產損失、能源和水的損失（Ackerman & Stanton, 2008）。但若能把暖化程度限制在2°C，據世界銀行估計（2010），在2010到2050年間其調適成本將是每年750-1,000億美元。這兩個估計都假設氣候變遷是可控制的，非災難性的。被廣泛引用的麥肯錫減緩成本模型發現，把暖化程度限制在不超過2°C所需的成本，於2030年前將是每年不到國內生產毛額的1%，即在2,000到3,500億歐元間（McKinsey, 2009）。此研究考量到的減緩措施包括提升能源效率、發展替代能源、限制逸散性排放、碳捕集和封存、防止森林砍伐、少量的森林復育和一些農業措施……等等。

2000-2005 年森林區域淨改變最大的國家

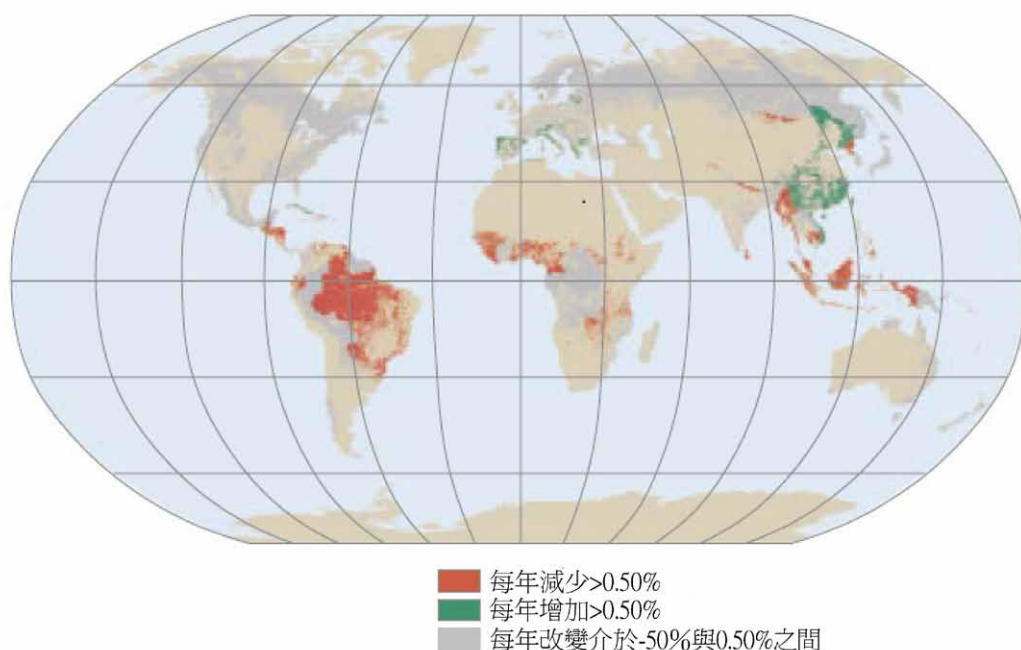


圖6. 2000年至2005年全球森林砍伐/造林情形

雖然麥肯錫報告的成本估計及其所考量的替代措施似乎相當具吸引力，然而以下所提之減緩氣候暖化方案，其成本更是動人。2009年荷蘭環境評估局（Netherlands Environmental Assessment Agency）的一份研究計算指出（Stehfest, 2009），全球若能轉型至低肉的飲食習慣，將可降低約50%的氣候變遷減緩成本；無肉飲食可降低70%的減緩成本，而完全無動物產品的飲食則可降低80%的成本。

按理來說，急遽減少畜牧生產確實將可節省對抗暖化的成本。然而諷刺的是，即使對氣候帶來嚴重衝擊，畜牧生產卻依然享有巨幅的政府補貼。據Holm和Jokkala估計（2007），歐盟在2007年對畜牧業的補貼是35億歐元。他們的結論認為，歐盟應該「廢除肉類補貼，讓肉品承擔起其本身的環境成本，並努力使現代素食更便宜。」（Holm & Jokkala, 2007, p.6）

如果終止所有的牲畜生產，全球糧食將會供過於求（UNFAO, 2006b）。某些產業也將歷經大幅擴張：如肉類和乳類替代品的製造業會迅速增長，碳吸存市場（一旦碳交易市場擴大）會激勵地主將牧場轉為植樹。現行專用於（或只適用於）畜牧業的牧場

和熱帶稀樹草原也會被轉為用來復育森林和促進土壤重新儲碳。

衍生的效應

減少畜牧生產的立即效益是人體健康，這是因為空氣中碳煙、臭氧及衍生煙霧將因而降低；而多採取植物性飲食還可降低癌症、心臟病、糖尿病和肥胖症的發生率（Campbell & Campbell, 2006）。

再因減少露天燃燒而降低褐雲的關係，熱帶季風降雨量和作物產量也將可望隨之增加。臭氧造成作物成長遲滯的效應也會減緩。

誠如眾多報告所總結的，急遽降低畜牧業規模，將產生相當顯著的環境效益。如土壤的退化、侵蝕和鹽化等問題將得到改善，畜牧養分流失而污染水源所導致藻類大量繁殖和海洋死亡區等問題也將大幅減少。目前生物多樣性的危機也將減緩，因砍伐

**減少畜牧生產
可控制暖化。
但畜牧生產卻
享有巨幅的政府
補貼。**



改變飲食習慣是
最簡單減少地球
暖化的行動

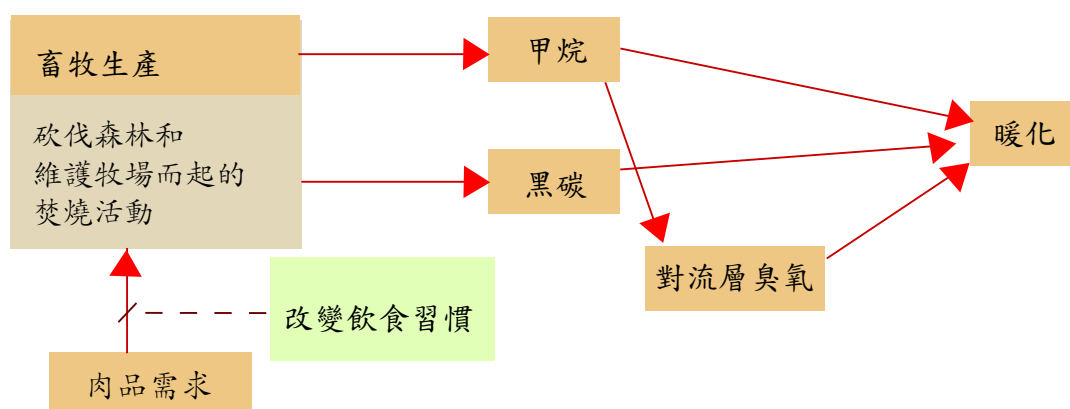
森林所導致棲息地喪失是造成此危機最大的原因。荷蘭環境評估局在2010年的一項研究發現，如果人類採取植物性飲食，將可阻止超過60%以上生物多樣性的喪失（NEAA，2010）。

削減短壽期氣候因子將帶來希望

聯合國環境規劃署與世界氣象組織針對短壽期氣候驅動媒介的新評估報告（2011），廣受全球氣候科學界和各國政府的歡迎認同。美國國務院讚揚該報告說：「針對短壽期氣候驅動溫室氣體採取行動，對保護我們氣候系統與人類和環境之健康是至關重要的。」（Reifsnnyder, 2011）。

專長於短壽期氣候驅動媒介的科學家和研究人員，藉著一些倡議已成功地將新興科學的發現傳達給政策制定者，如在聯合國氣候變化綱要公約第16次締約國大會舉辦期間，由氣候學院（Climate Institute）平行召開的活動等，這對支持各國政府和社區團體採取行動乃是一項關鍵的進展。其結果是在不久的將來，針對短壽期暖化媒介，藉限制其排放來減緩全球暖化的目標應該是可實現的。有些減輕黑碳排放的努力已經在進行中，如在印度展開的蘇里亞計畫（Project Surya），即是提供廉價太陽能和其他節能炊具的小型計畫（Baron 等人，2009）。

那麼通過更大型的計畫來降低牲畜數量的話，將更可減少數量龐大的短壽期氣候驅動媒介；不單甲烷和臭氧生成量會降低，為維護牧場而燃燒森林和草原的活動數量也都會隨之降低。如前所述，根據哥本哈根共識中心的研究計算（Baron等人，2009），若減少露天燃燒的方案在非洲和南美洲執行，可以削減全球八成的黑碳排放量。若是露天燃燒削減方案可擴大到東南亞和俄國，這削減比例將會更可觀。要



降低短壽期氣候驅動媒介和降低已留存在大氣中的二氧化碳，最有效且成本最低的方案就是減少牲畜數量。

甲烷的最大單一人為來源是畜牧生產，黑碳最大單一來源則是砍伐森林和維護牧場而起的焚燒活動；降低對流層臭氧之最好對策也是減少甲烷的生成。聯合國環境規劃署與世界氣象組織期望透過有限度的減緩甲烷、黑碳和臭氧的排放，降低0.5°C的暖化程度；而降低牲畜數量，將可迅速達到甚至超越這個目標。

此外，若能果敢的大幅降低牲畜數量，將可：

- 急遽減少全球森林砍伐（佔全球溫室氣體排放量的25%）；
- 急遽降低露天焚燒（佔全球溫室氣體排放量的15%）；
- 釋出70%農地，可供復育森林和讓土壤重新儲碳（相當於至少10年的排放量）；
- 降低氣候暖化減緩成本達80%（Stehfest等人，2009）；
- 減少生物多樣性的損失達60%（NEAA, 2010）；
- 急遽減少水的使用，土壤退化和沙漠化；
- 改善人類健康（Friel等人，2009）。

因此，我們建議採取下列緊急政策命令：

- 暫停對畜牧生產的「不當補貼」（UNEP, 2010）；
- 推廣植物性的替代食品；
- 保護森林並恢復牧地上的森林，並減少人為露天燃燒；
- 資助植樹固碳和有機農耕等替代性的土地利用方式。

直到最近，即使有著超高的溫室氣體排放量和嚴重的環境衝擊，但畜牧生產並未得到應得的關注。然而現在眼前的鐵證如山，畜牧生產將不能繼續被漠視，或將之歸類成「太難」而後束之高閣。一旦我們的注意力集中在畜牧業所帶來的廣泛衝擊上，就可以明顯看出我們在作法上必須要有重大的轉變。在聯合國環境規劃署最近發佈的《消費和生產的環境衝擊評估》（Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production）報告裡即強調：「除非全球大幅度改變飲食習慣，少吃動物性食品，才有可能大幅減少 [對氣候與環境的] 衝擊。」（UNEP, 2010, p.82）

世界保育基金會觀察到，遠離畜牧生產將導致農業生產的重大轉

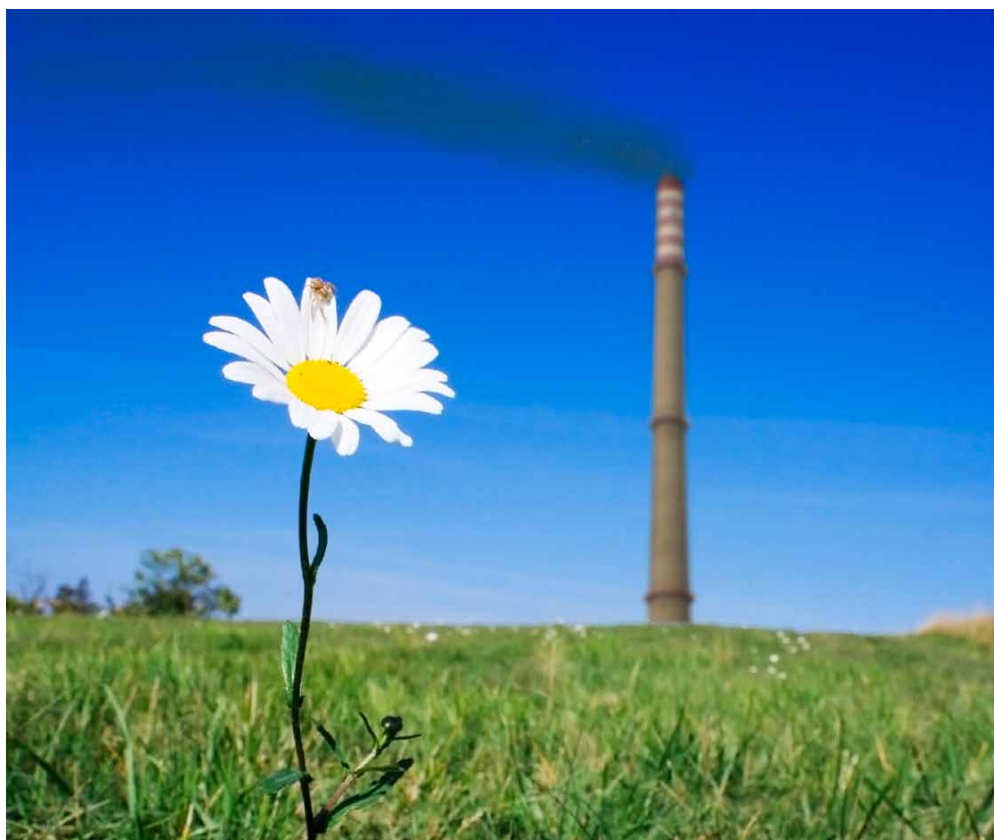
少吃動物性食品
可以刺激植物性
飲食的需求，將
補貼畜牧補貼和
減緩氣候變遷的
資金，轉為「正
義合宜的轉型」
基金。

變。我們理解到這影響將既廣泛又深遠，故並不想將此議題等閒視之。雖然在我們社會中的所有行業裡，農民可說是適應力最強的。他們不僅能快速回應消費者的需求變化，還習於因應變化莫測的天氣、大宗商品價格的波動和新來的氣候變遷。當然，農業界將因此面臨大幅調整，而這將需要一些計畫來支持他們調整適應。

總之，我們相信，少吃動物性食品將刺激更多植物性飲食的需求，從而在植物性飲食行業中創造更多的就業機會。我們也認為，應可將現行畜牧補貼和減緩

氣候變遷的資金，轉為「正義合宜的轉型」基金，來幫助農民和其他受影響社群轉向更環保的有機耕作。

這一雄心勃勃的目標將需要個人和政府採取有魄力的措施，才能達到最大的利益。改變飲食將是一項相當大的挑戰。即使它似乎是個人議題，然而當食用肉奶製品所導致的後果是如此深遠，且採取行動的必要性已迫在眉睫時，我們不應再把飲食改變當作是個人議題。無論如何，我們相信，這樣的行動路線很有希望成為快速、持久且低成本的全球暖化解決方案。



參考資料

- Ackerman, F. and Stanton, E. (2008, May). The Cost of Climate Change, Natural Resources Defense Council. Retrieved from: <http://www.nrdc.org/globalwarming/cost/cost.pdf>
- Anderson, K. and Bows, A. (2011, January 13) Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369(1934). doi:10.1098/rsta.2010.0290
- Balusu, R., Moreby, R. and Yarlagadda, S. (2010, March). Strategies to Reduce GHG Emissions from Coal Mines: A Review of Australian Perspective. Presented at M2M Expo, Delhi. Retrieved from: http://www.globalmethane.org/expo/docs/postexpo/coal_yarlagadda.pdf
- Baron, R. E., Montgomery, W. D. and Tuladhar, S. D. (2009, August 14). An Analysis of Black Carbon Mitigation as a Response to Climate Change. Copenhagen Consensus Center. Retrieved from: http://fixtheclimate.com/uploads/tx_templavoila/AP_Black_Carbon_Baron_Montgomery_Tuladhar_v.4.0.pdf
- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O' Mara, F., McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48(1-2), 21–27. doi:10.1071/EA07199
- Betts, R. A., Collins, M., Hemming, D.L., Jones, C.D., Lowe J.A., and Sanderson, M.G., (2011, January 13). When could global warming reach 4° C. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369(1934). doi: 10.1098/rsta.2010.0292
- Bond, T.C. (2007, October 18). Testimony for the Hearing on Black Carbon and Climate Change. House Committee on Oversight and Government Reform, p 2.
- Brown, L.R. (2006). *Feeding Seven Billion Well. Plan B 2.0 Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble* (pp. 163-181) NY: W.W. Norton & Co.
- Campbell, T.C. and T.M. Campbell II, (2006) *The China Study. The Most Comprehensive Study of Nutrition Ever Conducted and the Startling Implications for Diet, Weight Loss and Long-Term Human Health*. Benbella Books, Dallas. TX. <http://www.thechinastudy.com/>
- Chomitz, K.M. and Thomas, T.S. (2001). Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon. Development Research Group, World Bank, with contributions by IBGE, University of Washington CAMREX Project, and IMAZON. Retrieved from: http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer?WDSPIB/2001/11/06/000094946_01101904382119/Rendered/PDF/multi0page.pdf
- Dannenberg, N. (2011, January 22). Protesters in Berlin call for an end to factory farming. Deutsche-Welle. Retrieved from: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,14780207,00.html>
- Doughty, C. and Field, C.B., (2010). Agricultural net primary production in relation to that liberated by the extinction of Pleistocene mega-herbivores: an estimate of agricultural carrying capacity? *Environmental Research Letters*, 5. doi: 10.1088/1748-9326/5/4/044001
- D' Silva, J. (2000, January). Factory Farming and Developing Countries. A Compassion in World Farming Trust briefing. Retrieved from: http://www.ciwf.org.uk/includes/documents/cm_docs/2008/f/factory_farming_and_developing_countries_2000.pdf
- EDGAR 4.1 (2010). Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), release version 4.1. European Commission, Joint Research Centre (JRC)/Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). Retrieved from: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>
- Evangelista, H., Maldonado, J., Godoi, R. H. M., Pereira, E. B., Koch, D., Tanizaki-Fonseca, K., Van Grieken, R., Sampaio, M., Setzer, A., Alencar, A., Gonçalves, S. C. (2006). Sources and Transport of Urban and Biomass Burning Aerosol Black Carbon at the South–West Atlantic Coast. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 56(3), 225-238. doi: 10.1007/s10874-006-9052-8
- Fiore, A. M., West, J. J., Horowitz, L. W., Naik, V. and Schwarzkopf, M. D. (2008). Characterizing the tropospheric ozone response to methane emission controls and the benefits to climate and air quality, *Journal of Geophysical Research*, 113, D08307, doi:10.1029/2007JD009162
- Fisher, M.J., Braz, S.P., Dos Santos, R.S.M., Urquiaga, S., Lves, B.J.R. and Bodde, R.M. (2007). Another dimension to grazing systems: Soil carbon. *Tropical Grasslands*, 41, 65–83. http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_41_2007/Vol_41_02_2007_pp65_83.pdf

- Friel, S., Dangour, A. D., Garnett, T., Lock, K., Chalabi, Z., Roberts, I., Butler, A., Butler, C. D., Waage, J., McMichael, A. J., Haines, A. (2009, November 25). Public Health benefits of strategies to reduce greenhouse gas emissions: food and agriculture. *The Lancet*. doi:10.1016/S0140-6736(09)61753-0
- GMI (2010). Global Methane Emissions and Mitigation Opportunities, Global Methane Initiative (GMI). Retrieved from: http://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_en.pdf
- GMI (2011). Refer to 'Country Action Plans'. Global Methane Initiative (GMI). Retrieved from: <http://www.globalmethane.org/agriculture/index.aspx>
- Goodland, R., and Anhang, J., (2009, Nov/Dec). Livestock and Climate Change, World Watch Institute. Retrieved from: <http://www.worldwatch.org/files/pdf/Livestock%20and%20Climate%20Change.pdf>
- Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W., and Fischer-Kowalski M. (2007, July 31). Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(31). doi: 10.1073/pnas.0704243104
- Holm, J., Jokkala, T. (2007). The livestock industry and climate - EU makes bad worse. Retrieved from: http://www.jensholm.se/wp-content/uploads/2008/03/meat_climate_report.pdf
- Houghton, R. (2009). Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes 1850-2005. The Woods Hole Research Center, Retrieved from: <http://cdiac.ornl.gov/trends/landuse/houghton/houghton.html>
- Houweling, S., Kaminski, T., Dentener, F., Lelieveld, J. and Heimann, M. (1999). Inverse modeling of methane sources and sinks using the adjoint of a global transport model. *Journal of Geophysical Research*, 104(D21), 26137-26160. Retrieved from: <http://europa.agu.org/?uri=/journals/jd/1999JD900428.xml&view=article>
- IPCC (2001). Chapter 4: Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases. Third Assessment Report. Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/134.htm#4211
- Lal, R. (2004, June 11). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*, 304(5677). Doi: 10.1126/science.1097396
- Lal, R. (2008, February). Carbon Sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1492). doi: 10.1098/rstb.2007.2185
- Lamarque, J.F., Bond T. C., Eyring V., Granier C., Heil, A., Klimont, K., Lee, D., Liousse, C., Mieville, A., Owen, B., Schultz, M. G., Shindell, D., Smith, S. J., Stehfest, E, Van Aardenne, J., Cooper, O. R., Kainuma, M., Mahowald, N., McConnell, J. R., Naik, V., Riahi, K., and van Vuuren, D. P. (2010). Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: methodology and application. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*. doi:10.5194/acpd-10-4963-2010
- Lauk, C., Erb, K.H. (2009). Biomass consumed in anthropogenic vegetation fires: Global patterns and processes. *Ecological Economics*, 69(2), 301-309. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.07.003
- Levine, J.S. (1994). Chapter 9: Biomass Burning and the Production of Greenhouse Gases. In Zepp, R.G. (Ed) *Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change*. Retrieved from: http://asd-www.larc.nasa.gov/biomass_burn/biomass.html
- McAlpine, C.A., Etter, B., Fearnside, P.M. and Laurance, W.F. (2009). Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on Evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Global Environmental Change*, 19(1). doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.10.008
- McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Iwaasab, A. D. and McAllister, T. A. (2006). Assessment of the Sulfur Hexafluoride (SF6) Tracer Technique for Measuring Enteric Methane Emissions from Cattle. *Journal of Environmental Quality*, 35(5). Retrieved from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16899740>
- McKinsey & Company (2009, January). Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. Retrieved from: <https://solutions.mckinsey.com/ClimateDesk/default.aspx>
- Mooney, S. D., Harrison, S.P., Bartlein, P.J., Daniau, A. L., Stevenson, J., Brownlie, K.C., Buckman, S., Cupper, M., Luly, J., Black, M., Colhoun, E., D' Costa, D., Dodson, J., Haberle, S., Hope, G.S., Kershaw, P., Kenyon, C., McKenzie, M., Williams, N. (2011, January). Late Quaternary fire regimes of Australasia, *Quaternary Science Reviews*, 30(1-2), 28-46. doi:10.1016/j.quascirev.2010.10.010
- Münger, A., Kreuzer, M. (2008, January 2). Absence of persistent methane emission differences in three breeds of

dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48(2), 77–82 doi:10.1071/EA07219

NEAA (2010). Rethinking Global Biodiversity Strategies: Exploring structural changes in production and consumption to reduce biodiversity loss. Netherlands Environmental Assessment Agency (NEAA) (PBL). Retrieved from: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500197001.pdf>

NRC, (1991). Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution. National Research Council (NRC). Washington D.C: National Academy Press.

Oogjes, G. and Caulfield, M. (2008, April 29). Inquiry into Meat Marketing. Submission by Animals Australia to the Senate Rural and Regional Affairs and Transport Committee. Retrieved from: http://www.aph.gov.au/senate/committee/rrat_ctte/meat_marketing/submissions/sub22.pdf

We believe, however, that this course of action offers great hope for a fast-acting, long lasting, low cost solution to global warming.

Pelletier, N. and Tyedmers, P. (2010, October). Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000–2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi: 10.1073/pnas.1004659107

Pettus, A. (2009, December). Methane: Tapping the Untapped Potential. Clean Air Task Force, Boston. Retrieved from: http://www.catf.us/resources/whitepapers/files/Methane-Tapping_the_Untapped_Potential.pdf

Pew Center (2010, April). What is Black Carbon? Pew Center on Global Climate Change. Retrieved from: <http://www.pewclimate.org/global-warming-basics/blackcarbon-factsheet>

Pew Commission (2009, August). Putting Meat on the Table: Industrial Farm Animal Production in America. Pew Commission on Industrial Animal Farm Production. Retrieved from: <http://www.ncifap.org/bin/e/j/PCIFAPFin.pdf>

Prather, M. J., and Ehhalt, D. (2001). Chapter 4. Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases. In J.T. Houghton et al., (Eds), *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (pp. 239-287). Cambridge: Cambridge University Press,

Reifsnyder, D. A. (2011). Side Event on “Quick Impact on Climate Change: The Option of Reducing Short-lived Climate Forcers” . Bureau of Oceans and International Environmental and Scientific Affairs. U.S. Department of State. Retrieved from: <http://www.state.gov/g/oes/rls/remarks/2011/157038.htm>

Schindell, D. and Faluvegi, G. (2009, March 31). Climate response to regional radiative forcing during the twentieth century. *Nature Geoscience*. doi: 10.1038/NGEO473

Seinfeld, J. (2008, January). Black carbon and brown clouds. *Nature Geoscience*, 1. Retrieved from: <http://www.nature.com/ngео/journal/v1/n1/pdf/ngео.2007.62.pdf>

Simoes, J. and Evangelista, H. (2010, November 3). Black Carbon: Signal of global pollution and its impact on ice masses. Presentation at the Leaders Preserving Our Future: Pace and Priorities on Climate Change conference, Westminster UK. Retrieved from: <http://www.worldpreservationfoundation.org/events.php?id=11>

Smith, L. (2007, July 10). How to stop cows burping is the new field work on climate change. *The Times*. Retrieved from: <http://www.timesonline.co.uk/tol/news/science/article2051364.ece>

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (Eds.) (2007). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK & NY: Cambridge University Press.

Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D. P., Michel, G. J., den Elzen, M. G. J., Eickhout, B., Kabat, P. (2009). *Climate Benefits of Changing Diet*. Netherlands Environmental Assessment Agency. *Climatic Change*, 95. doi 10.1007/s10584-008-9534-6

Stevenson, D. S., Dentener, F. J., Schultz, M. G., Ellingsen, K., van Noije, T. P. C., Wild, O., Zeng, G., Amann, M., Atherton, C. S., Bell, N., Bergmann, D. J., Bey, I., Butler, T., Cofala, J., Collins, W. J., Derwent, R. G., Doherty, R. M., Drevet, J., Eskes, H. J., Fiore, A. M., Gauss, M., Hauglustaine, D. A., Horowitz, L. W., Isaksen, I. S. A., Krol, M. C., Lamarque, J.-F., Lawrence, M. G., Montanaro, V., Müller, J.-F., Pitari, G., Prather, M. J., Pyle, J. A., Rast, S., Rodriguez, J. M., Sanderson, M. G., Savage, N. H., Shindell, D. T., Strahan, S. E., Sudo, K., Szopa, S. (2006). “Multimodel ensemble simulations of present-day and near-future tropospheric ozone” *Journal of Geophysical Research*, 111, D08301, 2006. Retrieved from: <http://www.agu.org/pubs/crossref/2006/2005JD006338.shtml>

The World Bank (2010, August 3). *Synthesis Report of the Economics of Adaptation to Climate Change*. The World Bank. Retrieved from: <http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/documents/EACCSynthesisReport.pdf>

UNEP (2010, June). *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials*. United Nations Environmental Programme (UNEP). Retrieved from: <http://www.unep.org/resourcepanel/>

[documents/pdf/PriorityProductsAndMaterials_Report_Full.pdf](#)

UNEP and WMO (2011). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone: Summary for Decision Makers. United Nations Environment Programme and World Meteorological Organization (UNEP & WMO). Retrieved from: http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Black_Carbon.pdf

UNFAO (2006a). Global Forest Resources Assessment 2005 FAO Forestry Paper 147, UN Food and Agriculture Organisation (UNFAO). Retrieved from: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/A0400E/A0400E00.pdf>

UNFAO (2006b). Livestock's Long Shadow. UN Food and Agriculture Organisation (UNFAO). Retrieved from: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e00.pdf>

UNFAO (2011). FAOSTAT - United Nations Food and Agriculture Organisation Statistical Databases. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/default.aspx>

UNFCCC (2010) The United Nations Climate Change Conference in Cancun, COP 16 / CMP 6, 29 November - 10 December 2010. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Retrieved from: http://unfccc.int/meetings/cop_16/items/5571.php

USAID (2010). Slashing "Slash-and-Burn" Agriculture. USAID from the American People. Retrieved from: www.usaid.gov/stories/madagascar/ss_mdg_slash.html

Wallack, J.S., and Ramanathan, V. (2009, September/October). The Other Climate Changers: Why Black Carbon and Ozone Also Matter. *Foreign Affairs*, 88(5), Retrieved from: http://www.projectsurya.org/storage/WallackRam_FApp105-2009.pdf

West, J. J., Fiore, A. M., Naik, V., Horowitz, L. W., Schwarzkopf, M. D. and Mauzerall, D. L. (2007, March). Ozone air quality and radiative forcing consequences of changes in ozone precursor emissions. *Geophysical Research Letters*, 34, L06806. doi:10.1029/2006GL029173.

van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Giglio, L., Collatz, G. J., Mu, M., Kasibhatla, P. S., Morton, D. C., De Fries, R. S., Jin, Y., and van Leeuwen, T. T. (2010). Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009), *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, doi:10.5194/acpd-10-16153-2010.