

溫室氣體通量測定及減量對策

(國立台灣大學生化科技學系 楊盛行、劉清標、林良平
國立台灣大學農業化學系 賴朝明、王一雄 國立台灣大學農藝學系 朱鈞、盧虎生
國立中興大學土壤環境科學系 王銀波、趙震慶、楊秋忠
國立中央大學環境研究中心 呂世宗、郭坤土、張哲明
國立雲林科技大學環境工程學系 洪肇嘉 嘉南藥理學院環境工程衛生系 劉瑞美
行政院農業委員會台南區農業改良場 黃山內
行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所 李春芳)

一、前言

大氣中溫室氣體因人類不斷的排放而增加，因其可以吸收行星長波輻射而加強大氣溫室效應，影響全球大氣環流與氣候。1985 年發現南極臭氧洞以及全球各地頻頻出現氣候異常現象，加上世人環境保護意識抬頭，全球資訊傳播便捷，使得世界各國日益重視氣候與環境變遷，並將其列為教育科學研究之施政重點，工商各界亦紛紛提出因應措施，希望由於工商業的發展，農業的生產對區域性或全球性之變遷衝擊最小，並預先做好防患工作。

為了解全球變遷的現況及其影響，目前科技先進國家都非常重視相關之研究，例如有關酸性沉澱之問題，美國在過去十年就花了將近六億元的經費進行國家酸性沉降評估計畫。1991 年度美國用於地球變遷研究的經費就高達十億美金，其他如歐洲、日本、加拿大等國也投注了大量的經費和人力積極進行相關之地球環境變遷研究。聯合國氣候變化綱要公約 (FCCC) 第三次締約國大會於 1997 年 12 月 11 日簽下「京都議定書」，包括美國、歐盟、日本等 38 個國家或地區，訂出明確二氧化碳減量標準，以降低人類活動所排放之溫室氣體。

反觀我國過去三、四十年來快速的經濟與科技發展下，台灣地區的自然環境早已發生巨大的改變，溫室氣體的排放、地層下陷、森林

砍伐、土壤流失、土石流、野生動物滅絕、垃圾掩埋、畜產廢棄物等環境污染現象都非常嚴重，不論是政府或人民也都日益察覺到自然環境的維護已是經濟發展必須慎重考慮的事情，為了工業化和社會經濟發展對環境所造成之衝擊，以及了解台灣地區自然生態環境對全球變遷的反應敏感度，進行台灣地區的大氣環境變遷研究是非常重要而且迫切的課題 (楊盛行, 1999b)。

為響應重視世界全球變遷之呼籲，行政院於民國 83 年成立全球環境變遷政策指導小組逐步推動全球變遷相關業務，民國 85 年改組為「行政院永續發展委員會」，行政院國家科學委員會也成立全球變遷研究群，推動空氣與氣候品質台灣站 (CATS) 等研究計畫。民國 86 年 1 月國科會永續會改組，積極參與推動永續發展規劃研究，並於北、中、南三區舉辦說明會，以「綠色科技島 (矽島) 之永續因應策略研究」為總主題，規劃未來 4 年之「永續發展中程研究計畫」。

過去八年，本研究群從事台灣溫室氣體排放量測與減量對策研究，在參與研究人員努力下，達成了初步目標。吾等分別從農業生產、畜牧養殖、廢棄物處理、掩埋場、溼地和交通運輸等方面探討溫室氣體通量測定和減量對策。由國立台灣大學生化科技學系、農業化學



系和農藝學系、國立中興大學土壤環境科學系、國立中央大學環境研究中心、國立屏東科技大學生物科技研究所、國立雲林科技大學環境工程學系、嘉南藥理學院環境工程衛生系、行政院農業委員會農糧處、台南區農業改良場和畜試所新竹分所等 9 個單位十餘位教授及研究人員共同執行，已如期完成台灣水稻田、旱田、溼地、堆肥場、人工瘤胃發酵槽設置、掩埋場和交通運輸等方面溫室氣體排放量測及推估，以及溫室氣體排放資料庫的建立及模式研發，以盡地球村一份子，減少地球溫暖化，確保地球永續發展。本研究包括下列主題：水稻田甲烷排放通量及減量對策、水稻田氧化亞氮排放通量及減量對策、水稻田二氧化碳排放通量及減量對策、臭氧對水稻生長之影響、旱田甲烷排放通量及減量對策、旱田氧化亞氮排放通量及減量對策、旱田二氧化碳排放通量及減量對策、溼地甲烷排放通量及減量對策、溼地氧化亞氮排放通量及減量對策、溼地二氧化碳排放通量及減量對策、堆肥場甲烷排放通量及減量對策、堆肥場氧化亞氮排放通量及減量對策、堆肥場二氧化碳排放通量及減量對策、人工瘤胃發酵槽設立以降低甲烷排放、掩埋場甲烷排放及減量對策、溫室氣體排放資料庫建立及模式研發和交通運輸甲烷排放等主題（呂世宗等，1997、1998；楊盛行，1999a、2000a、2001、2003）。茲整理國內有關溫室氣體排放量測與減量對策之成果，提供農業生產、畜牧養殖、漁業養殖、林木栽種、溼地、垃圾掩埋、廢棄物處理、交通運輸等方面溫室氣體減量時參考。

二、二氧化碳排放研究

在「水、旱田」部分，台大農場水稻田休耕時，大氣中二氧化碳平均濃度 391.96 ± 21.19 ppm-m，分蘖期時水稻田二氧化碳平均濃度 137.18 ± 4.54 ppm-m。桃園農業改良場清晨 5 時二氧化碳釋放量 $-20-1,020$ mg/m²/h，下午 2

時為 $-550-170$ mg/m²/h。不含水稻植株，清晨 5 時二氧化碳釋放量為 $-10-630$ mg/m²/h，下午 2 時為 $-10-580$ mg/m²/h。台南旱田其二氧化碳釋放量為 $2,528 \pm 119$ g/ha/h，旗山旱田二氧化碳釋放量為 $3,541 \pm 128$ g/ha/h。

台灣地區肉雞產業二氧化碳排放量約為 742,457 Mt，台灣地區蛋雞產業二氧化碳排放量約為 8,103,760 Mt。

蕙蓀林場其二氧化碳之釋出量下午 2 時為 $60-237$ mg CO₂/m²/h 和上午 6 時為 $52-235$ mg CO₂/m²/h。新化林場林地二氧化碳釋出量下午 2 時為 $19-175$ mg CO₂/m²/h 和上午 6 時為 $10-151$ mg CO₂/m²/h。農委會林業試驗所福山分所試驗林二氧化碳釋放通量平均為 0.14 ± 0.08 g CO₂ m⁻² h⁻¹ 及六龜分所試驗林二氧化碳釋放通量平均為 0.32 ± 0.13 g CO₂ m⁻² h⁻¹，土壤二氧化碳釋放通量與表土溫度呈顯著正相關，可進一步用於推估台灣森林土壤二氧化碳釋出通量，供大氣中二氧化碳減量參考。

國姓地區香蕉園二氧化碳釋放量，下午 2 時為 $5-214$ mg CO₂/m²/h 和上午 6 時為 $21-160$ mg CO₂/m²/h。新化近郊芒果園二氧化碳釋出量，下午 2 時為 $61-192$ mg CO₂/m²/h 和上午 6 時為 $40-137$ mg CO₂/m²/h。

新竹港南湖區溼地二氧化碳濃度 226.32 ± 63.65 ppm-m，關渡地區溼地二氧化碳釋放較低介於 $-320-200$ mg/m²/h 之間。曾文溪濕地二氧化碳吸收及釋放量分別為 521 ± 22 及 263 ± 77 g/ha/h。

山豬窟掩埋場在 2-3 年掩埋期二氧化碳釋放率介於 $99.21-624.4$ mg/m²/h，88 年 2 月最低，88 年 10 月最高。掩埋期 1 年地區，二氧化碳釋出率變化較大，介於 $-1078.62-2545.48$ mg/m²/h。福德坑垃圾掩埋場 A 處其二氧化碳釋出率介於 $495.37-1012.34$ mg/m²/h，B 處介於 $812.34-1531$ mg/m²/h（楊盛行等，2003b、2003i）。

三、甲烷、氧化亞氮及臭氧排放研究

王樹倫等人於 1995 年測定高屏溪大鵬灣空氣中甲烷濃度為 2.15 ± 0.13 ppmv，表水甲烷濃度為 8.49 ± 10.10 ppmv，估計大鵬灣甲烷排放通量約為 $0.12 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ 。台灣環島海岸、近岸海域、離島及外海測定其甲烷通量時，發現海表面大氣甲烷的平均濃度為 1.82 ± 0.17 ppmv ($n=250$)，表面海水甲烷平均濃度為 0.53 ± 1.23 ppmv ($n=352$)。淺海海域甲烷通量平均為 $0.020 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ ，以此估計我國經濟海域內 203,200 平方公里的淺水大陸棚區，每年平均有 35,600 公噸甲烷釋出。

水稻田、濕地、旱田、森林土壤會釋放溫室氣體，但在適當控制下，亦可吸收溫室氣體。曾文溪濕地二氧化碳吸收量為 $521 \pm 22 \text{ g/ha/h}$ ，釋放量為 $263 \pm 77 \text{ g/ha/h}$ 。甲烷吸收為 $10.5 \pm 8.5 \text{ g/ha/h}$ ，和釋放率為 $3.4 \pm 5.1 \text{ g/ha/h}$ 。氧化亞氮吸收量為 $58 \pm 10 \text{ g N}_2\text{O-N/ha/yr}$ 及釋放率為 $27 \pm 80 \text{ g N}_2\text{O-N/ha/yr}$ 。

國內有關甲烷之排放研究，主要由楊盛行教授、王銀波教授、楊秋忠教授、黃山內處長、鍾仁賜教授、譚鎮中教授、王樹倫教授、劉瑞美教授、洪肇嘉教授、郭坤士教授、李春芳博士等由水稻田、旱田、蔬菜田、花卉田、果園、森林土壤、濕地、堆肥場、掩埋場、反芻動物和交通工具等探討其甲烷之排放及影響因子，其主要成果可參考楊盛行等所整理之資料 (Chang 和 Yang, 1997、2003; Yang 和 Chang, 1997、1998、1999、2001a、2001b; Yang, 1998; Yang 等, 2001、2003j、2003k; Hegde 等, 2003; 楊盛行等, 2003c、2003d、2003e、2003h、2003i)。

國內有關氧化亞氮之排放研究，主要由楊盛行教授、賴朝明教授、趙震慶教授、李春芳博士等由水稻田、旱田、蔬菜田、花卉田、果園、森林土壤、濕地、堆肥場、掩埋場和反芻

動物等探討其氧化亞氮之排放及影響因子，其主要成果可參考楊盛行等所整理之資料 (Yang 等, 2001、2003j、2003k; 楊盛行等, 2003d、2003e、2003f、2003g、2003i)。

國內有關臭氧方面之研究，主要由朱鈞教授、盧虎生教授等對水稻生長及其生理等加以探討，其主要成果可參考楊盛行等所整理之資料 (楊盛行等, 2003a、2003i)。

四、溫室氣體排放估計研究

楊盛行等利用本土實測資料，而國內無資料則以 IPCC (1997) 之資料估計，1990-2000 年台灣水田及旱田之甲烷及氧化亞氮排放 (Yang 等, 2003j) 和 1990-2000 年台灣畜牧養殖時，腸內發酵及廢棄物處理時之甲烷及氧化亞氮排放量 (Yang 等, 2003k)。

根據柳中明等 (1996) 所編撰之 FCCC 國家通訊中及行政院環境保護署 (2000) 資料，估計台灣地區 1999 年總共排放二氧化碳 2.11×10^8 公噸。森林是二氧化碳減量之主要方法，台灣地區森林及竹林，每年約可固定二氧化碳 3.5×10^7 公噸。然而，由於人為大量排放與自然生態破壞 (如：森林、溼地及農地)，使環境生態平衡二氧化碳之機制失衡，二氧化碳濃度逐漸增加，倘若惡化之趨勢不加以阻止，台灣地區未來 20 年溫室氣體排放基線與過去 15 年類似，仍將以二氧化碳所占的比例較高，二氧化碳所占的比例會由 2001 年的 80% 上升至 95%。

五、世界各國在農牧生產過程中溫室氣體減量對策

茲就世界各國在農牧生產過程中，積極研擬降低溫室氣體排放之措施整理如下，以供國人參考。



1. 日本

- (1)發展農業技術，研發新品種，並改變耕作次數。
- (2)運用作物生長模式，幫助農民避免農耕地力的耗損。
- (3)引進新稻米品種，施種在南部水稻區。
- (4)北部小麥及玉米區引進新的灌溉系統及改變作物耕作次數。
- (5)管制農地使用時間。

2. 韓國

- (1)提倡秋季將稻桿堆肥與有機物混和施入水稻田中，降低甲烷排放量。
- (2)將化學肥料施用於深層土壤中，取代均勻施入土壤，降低甲烷排放量。
- (3)利用間歇灌溉及夏季中旬灌溉，降低土壤氧化還原能力。
- (4)減少插秧水稻區，增加直接播種水稻區，減少甲烷排放量。

3. 印尼

- (1)加強農業科技移轉，改進稻作區水管理系統。
- (2)研發低甲烷排放量稻作品種。
- (3)研發主食多樣化經營。
- (4)提倡永續農業宣導。

4. 澳洲

- (1)利用休耕或輪作不同作物，控制田內雜草量，避免不需要耕作。
- (2)不過度耗損地力，控制土壤侵蝕技術。

5. 美國

- (1)加強厭氣系統回收甲烷，降低其排放量，尤其是乳牛及肉牛業。
- (2)改善放牧處理，提升畜禽效能降低甲烷排放量。
- (3)提供飼料補充品，改善飼料牧草效能。
- (4)發展低脂肪牛奶和肉品。

6. 加拿大

- (1)鼓勵農場快速擴大農場保育技術。
- (2)利用低耕種措施節約能源。
- (3)制定能源管理制度，提供替代能源資訊。

7. 英國

- (1)發行氣候變遷對農業部門衝擊研討手冊。
- (2)持續發展優良農業法規。
- (3)有效率利用能源。
- (4)落實最低溫室氣體排放量。

8. 愛爾蘭

- (1)制定防制硝化保護水質。
- (2)限制氮肥使用量。
- (3)進行農田及排水區硝酸鹽管理計劃。
- (4)輔導地方正確使用化肥。

9. 法國

- (1)提高禽畜消化系統之功能。
- (2)添加藥品至飼料，提高禽畜新陳代謝，降低甲烷排放量。

10. 荷蘭

- (1)減少乳牛數量。
- (2)控制多餘糞便及氨沉澱物量。
- (3)降低硝酸鹽及氨排泄量。

11. 瑞士

- (1)限制表面單位禽畜數量。
- (2)規定各部門排放標準

六、我國在農牧生產過程中溫室氣體減量對策

由上述亞、歐、美、澳等地區國家之減量對策，參考論文中之減量方法，國內在農牧業其溫室氣體排放減量方面，可朝下列方向減量：

1. 回收沼氣

舉世重視沼氣發電及利用。台灣農村大多有此設備，養十頭大豬，即可供六口之家用沼氣。農政單位如能制定沼氣回收設備獎勵，增加溫室氣體排放管制。山豬窟及七青埔掩埋場已有發電設備，山豬窟可以提供台北市民7000戶家庭用電。

2. 採行間歇性灌溉或曬田

- (1)在分蘖盛期之後，採用間歇性灌溉，降低甲烷釋放量。
- (2)在開花及乳熟期，可採短期曬田，提高土壤 Eh，降低甲烷釋放量。

3. 採用腐熟堆肥

- (1)使用腐熟堆肥，既可提高土壤有機質含量，改良土壤物化及生物性質，又可降低對甲烷釋出之影響。
- (2)降低化肥使用，避免水質優養化和地下水污染。
- (3)減少使用後因含有機酸對作物生長不良。
- (4)使用 C/N 比低之堆肥。

4. 妥善處理廢棄物

- (1)液體部分經厭氣處理回收沼氣。
- (2)固體部分製作堆肥，回歸土壤，保持地力。
- (3)可採行快速發酵法，或添加適當微生物，縮短製作時間，提高堆肥品質。

5. 修改農牧有關法規

適當降低飼養規模，以可妥善處理廢棄物為考量。

6. 研發合適生物製劑

- (1)研發低污染生物製劑，提高對污染物處理效率。
- (2)研發合適甲烷生成抑制劑，降低農業生產時溫室氣體排放。
- (3)研發硝化抑制劑，降低 N₂O 排放。

7. 改良品種

- (1)培育低溫室氣體排放作物品種。
- (2)培育低水分需求品種，耐旱性高。
- (3)培育耐高溫品種。
- (4)培育消化吸收力高之禽畜品種。
- (5)提高禽畜之揮發性脂肪酸利用率。
- (6)提高單位面積作物生產量。

8. 改進飼料品質

- (1)提高畜禽消化及吸收力。
- (2)降低禽畜糞尿殘餘率。
- (3)降低禽畜糞尿中磷含量，提高血磷量。
- (4)調配適合各時期之禽畜飼料。

9. 改進施肥技術

- (1)探討每一作物品種最適施肥量，避免過量使用肥料。
- (2)探討最佳使用肥料種類，如緩效性肥料。
- (3)探討最佳施用方法，如深層施用。
- (4)施用合適生物肥料，提高溶磷和固氮能力。
- (5)調節無機和有機肥施用比例。

10. 改善垃圾掩埋方式

- (1)回收廚餘。
- (2)回收沼氣。
- (3)處理滲出水。
- (4)增加覆土厚度。

11. 栽培森林

- (1)探討樹種對 CO₂ 固定能力。
- (2)探討樹齡對 CO₂ 固定能力。
- (3)探討竹林對 CO₂ 固定能力。
- (4)最適育林方式。

七、溫室氣體減量技術及其年潛在減量



有關溫室氣體之減量技術，國外已有若干資料 (Rolston 等，1982；Craswell 等，1985；Youngdahl 等，1986；Malhi 和 Nyborg，1991；Mosier 等，1994；Cole 等，1995、1997；IPCC，1996；Minami，1997)，茲列出 Cole 等 (1995) 估計之全球每年源自農業之溫室氣體甲烷與氧化亞氮之釋出量及其可經由減量措施達到減量之估計 (表一)，及 IPCC 農業部門溫室氣體二氧化碳、甲烷及氧化亞氮之減量技術及其年潛在減量 (表二) (IPCC，1996)，以供參考。國內方面，亦有學者曾針對我國國情及現況，參考國外之經驗，提出適合我國推廣之溫室氣體減量技術，其結果為：適合台灣推廣之溫室氣體減量技術為：(一) 二氧化碳方面：1. 減少二氧化碳釋放量 (如減少化石燃料之使用、減少耕犁操作、避免焚燒作物殘體)，2. 增加碳貯藏庫 (如管理土壤有機質、增加農作物生產)。(二) 甲烷方面：1. 改進水稻生產操作 (如曬田、間歇灌溉、使用腐熟堆肥)，2. 改進廄肥管理 (如減少廄肥製作及貯存時間)，3. 改進反芻家畜之管理 (如改進飼料之品質、改

進飼料之消化率)。(三) 氧化亞氮方面：1. 增加氮肥利用效率 (如依作物施肥手冊適時適量施用氮肥，並靈活調整)，2. 視需要配合添加適量硝化抑制劑 (如氮肥施用量較大之作物)，3. 灌溉適當水量 (楊盛行和賴朝明，2002)。然而當時並未曾對此等農業部門之減量技術，進行較完整且有系統之研究。過去因限於人力、物力及研究重點不同，大多為此三種農業部門主要釋出溫室氣體 (即 CO₂、CH₄、N₂O) 之個別研究，少有進行此三種溫室氣體減量技術之同時研究，致所得結果不易獲得某一減量技術同時對此三種農業有關溫室氣體之影響的全貌。此外，過去亦未曾對台灣現行耕作制度對此三種溫室氣體之影響進行有系統而完整之探討，且農業試驗單位對溫室氣體之量測與監測亦少有涉及；值此全球重視「溫室氣體減量」之際，實有必要協助農業試驗單位參與並接受農田溫室氣體之量測或減量技術之移轉，以建立我國溫室氣體量測與監測之基礎。

表一、全球每年源自農業之溫室氣體甲烷與氧化亞氮之釋出量及其可經由減量措施達到減量之估計

Source	Estimated Amount Emitted (Mt/yr)	Potential (Mt/yr)	Decrease (%)
CH₄			
-Ruminant animals	80 (65-100) ^a	29 (12-45)	36
-Animal waste	14 (10-18)	3 (2-7)	21
-Rice paddies	50 (20-60)	20 (8-35)	40
-Biomass burning	22 (11-33)	6 (1.5-4.5)	27
Total	166 (106-211)	58 (24-92)	35
N₂O			
-Mineral fertilizer	1.5 (0.5-2.5)	0.3 (0.15-0.45)	20
-Animal wastes	1.5 (0.5-2.5)	0.3 (0.15-0.45)	20
-N-fixation	0.5 (0.25-0.75)	--	--
-Biomass burning	0.2 (0.1-0.3)	0.02 (0.01-0.03)	10
-Soils after burning	0.1 (0.05-0.2)	0.01 (0.005-0.015)	10
-Forest conversion	0.4 (0.1-1)	0.08 (0.04-0.12)	20
Total	4.2 (1.5-7.25)	0.71 (0.36-1.1)	17



表二、農業部門溫室氣體釋放減量技術及其年潛在減量

淨二氧化碳釋放量	百萬公噸 C/年	
減少 CO ₂ 釋放量		
—減少農業生產時之化石燃料使用 (擴大推廣最少及無耕犁操作、適量灌溉、 作物以太陽能乾燥及改進肥料管理等)	10-50	
增加 C 匯池		
—利用較佳農業土壤管理增加土壤 C	400-600	
—利用溫帶地區過剩農業土地之永久保留以增加土壤 C	21-42	
—在退化土地恢復土壤 C	21-240	
生質生產		
—以農田土壤生產作物供作生物燃料		
● 溫帶地區	85-490	
● 熱帶地區	160-510	
● 溫帶保護地帶	10-60	
● 熱帶農林業	46-200	
—從作物殘體生產生物燃料	100-200	
總 CO ₂ 釋放潛在減量	855-2390	
減少 CH ₄ 釋放量	百萬公噸 CH ₄ /年	百萬公噸 C—當量
改進反芻家畜之管理		
—改進飼料品質及養分平衡	10-35	57-202
—增加飼料消化率	1-3	6-18
—改善動物基因及生殖	1-6	6-36
改進家畜廄肥管理		
—有蓋厭氣塘	2-6.8	12-39
—改進消化器	0.6-1.9	3-12
改進水稻生產操作		
—灌溉管理	3.3-9.9	19-52
—養分管理	2.5-15	14-87
—新品種及其他操作	2.5-10	14-58
總 CH ₄ 釋放潛在減量	23-88	131-504
減少 N ₂ O 釋放量	百萬公噸 N ₂ O/年	百萬公噸 C—當量
增加 N 肥利用效率		
—減少氮肥使用 (改善氮肥施用技術， 適時、適量施用 N 肥，提高廄肥 再利用，提高植物殘體 N 在原地 使用，適宜耕犁、灌溉及排水)	0.3-0.9	85-245
—減少森林砍伐	0.06-0.17	1-47
總 N ₂ O 釋放潛在減量	0.4-1.1	106-292

資料來源：IPCC，1996。

八、本研究團隊有關溫室氣體主要著作

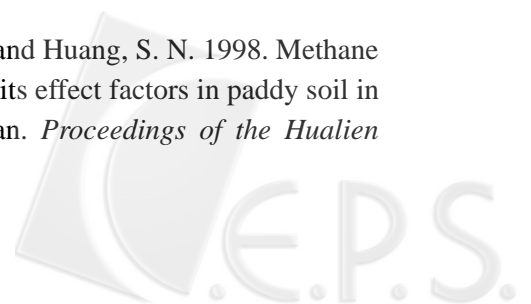
過去八年，本研究群從事台灣溫室氣體排放量測與減量對策研究，成果豐碩，除提供農政單位、環保機關、工業生產部門、農業生產部門、廢棄物處理部門等單位參考。共計在國內外雜誌、國內外相關研討會及國內外學術會議上發表有關台灣溫室氣體排放量測與減量對策期刊論文 56 篇、研討會論文 147 篇、技

術論文 83 篇、專書或專章 18 篇、專利 1 項、國內外會議論文發表 76 篇。其中期刊論文 57 篇、專書或專章 18 篇和專利 1 項整理如下：

(一)、期刊論文 (Refereed Papers) :

1. Chao, W. L., Gan, K. D. and Chao, C. C. 1993. Nitrification and nitrifying potential of tropical and subtropical soils. *Biology and Fertility of Soils* 15: 87-90.

2. Yang, S. S. 1994. Effect of climate change on the agricultural production and the accomodation of agricultural policy. *Chinese Journal of Agrometerology* 1 (4): 125-131.
3. Yang, S. S., Lin, C. C., Chang, E. H., Chung, R. S. and Huang, S. N. 1994. Effect of fertilizer, soil type, growth season on methane production and emission in the paddy soils of Taiwan. *Journal of the Biomass Energy Society of China* 13: 49-68.
4. Kuo, K. T., Lu, S. C., Chang, T. M. and Chang, L. N. 1994. Measurement of methane flux of paddy fields in Taiwan area. *Environmental Protection* 17: 65-81.
5. Yang, S. S. 1995. Climate change and agricultural production. *The Educator Monthly*, 339: 29-34.
6. Chao, C. C. and Young, C. C. 1995. Stimulation effect of organic carbon on soil catabolic denitrification. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society* 33: 468-481.
7. Chao, C. C. and Young, C. C. 1995. Denitrification of uplands in Taiwan. *Journal of the Agricultural Association of China, New Series* 169: 70-89.
8. Liu, C. M., Yang, S. S. and Hong, C. C. 1996. Emission of methane and nitrous oxide in Taiwan in 1990. *Journal of the Biomass Energy of China* 15: 1-8.
9. Chao, C. C. 1996. Nitrous oxide emission from paddy soil: Effect of inorganic nitrogen fertilizer and variety of rice. *Journal of the Agricultural Association of China, New Series* 174: 111-133.
10. Chang, H. L. and Yang, S. S. 1997. Measurement of methane emission from soil. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society* 35: 475-484.
11. Yang, S. S. 1997. Estimation of carbon dioxide assimilation of forests in Taiwan. *Journal of the Biomass Energy Society of China* 16: 1-10.
12. Yang, S. S. and Chang, E. H. 1997. Effect of fertilizer application on methane emission/production in the paddy soils of Taiwan. *Biology and Fertility of Soils* 25: 245-251.
13. Chao, W. L. and Chao, C. C. 1997. Nitrogen transformation in tropical soil: Influence of fertilization and crop species. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64: 11-17.
14. Horng, J. J., Chang, C. Y. and Chang, K. H. 1997. Review of statistics and estimation of greenhouse gases emission in Taiwan area. *Proceedings of Environmental Engineering* 8 (3).
15. 張哲明、張隆男、呂世宗，1997。台灣大氣甲烷之研究。 *中華民國環境保護學會會誌*，20: 92-101。
16. Yang, S. S. 1998. Methane production in rive and lake sediments in Taiwan. *Environmental Geochemistry and Health* 20: 245-249.
17. Yang, S. S., Chang, E. H., Chung, R. S. and Chea, W. P. 1998. Methane production of the sediments from river and lake. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society* 36: 111-122.
18. Yang, S. S. and Chang, H. L. 1998. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69: 69-80.
19. Lee, H. T., Chen, B. R. and Lin, L. P. 1998. Denitrification of paddy field and upland soil in northern Taiwan. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society* 36: 300-310.
20. Su, B. F., Chen, Y. C., Wang, C. Y. and Lin, L. P. 1998. Source of greenhouse gas: Denitrificaion. *Scientific Agriculture* 46: 283-292.
21. Pang, D. C. and Huang, S. N. 1998. Methane emission and its effect factors in paddy soil in eastern Taiwan. *Proceedings of the Hualien*



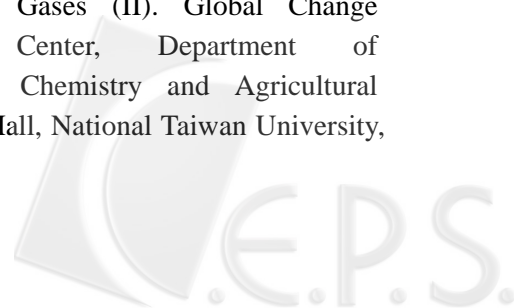
- District of Agricultural Improvement Station*
No. 16, 35-46.
22. Yang, S. S. and Chang, H. L. 1999. Diurnal variation of methane emission from paddy fields at different growth stages of rice cultivation in Taiwan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 76: 75-84.
 23. Feng, C. F. and Lai, C. M. 1999. Effects of nitrogen fertilizer source, soil moisture and temperature on nitrous oxide emission from soil. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society* 37: 190-198.
 24. Chao, C. C., Chao, W. L., Young, C. C. and Wang, Y. P. 1999. Factors that influencing nitrous oxide emission from paddy soil located at central and southern parts of Taiwan. *Journal of the Agricultural Association of China, New Series* 187: 38-53.
 25. Liou, R. M., Lin, C. W. and Huang, S. N. 1999. Effect of organic fertilizer on methane emission from paddy field in Taiwan. *Journal of the Chinese Agricultural Meteorology Society* 6: 139-147.
 26. Shiao, T. F., Liu, S. C., Chen, C. P. and Lee, C. F. 1999. Effects of dietary forage to grain ratio on the enteric methane production of Holstein dry cows. *Journal of the Chinese Livestock Society* 28: 437-449.
 27. 蕭宗法、劉秀洲、陳吉斌、李春芳，1999。飼糧精芻料比對荷蘭乾乳牛消化道甲烷產量的影響。《中畜會誌》，28: 437-449。
 28. 姚銘輝、盧虎生、朱鈞，1999。臺灣地區日溫差之分析。《中華農學會報》，188: 32-46。
 29. Yang, S. S. 2000. Emission and mitigation of carbon dioxide. *Industrial Pollution Prevention and Control* 19: 182-200.
 30. Chang, T. C., Luo, Y. C. and Yang, S. S. 2000. Determination of greenhouse gases by open-path gas-type FTIR spectroscopy. *Food Science and Agricultural Chemistry* 2: 7-14.
 31. Yang, S. S., Chang, E. H., Leu, J. Y., Horng, Y. Y. and Lan, C. R. 2000. Isolation and application of carbon dioxide fixation microbes in Taiwan. *Monthly Journal of Taipower's Engineering* 624: 65-80.
 32. Chao, C. C., Young, C. C., Wang, Y. P. and Chao, W. L. 2000. Daily and seasonal nitrous oxide fluxes in soils from hardwood forest and different agroecosystems of Taiwan. *Chemosphere: Global Change Science* 2: 77-84.
 33. Chao, C. C., Wang, S. R., Young, C. C., Chao, W. L. and Hsieh, Y. T. 2000. Nitrous oxide emission from manure at different moisture content and incubation temperature. *Soil and Environment* 3: 159-172.
 34. Huang, S. N., Lin, C. W. and Liou, R. M. 2000. Effect of intermittent irrigation and continuous flooding on methane emission from paddy field in southern Taiwan. *Soil and Environment* 3: 217-226.
 35. Kuo, K. T., Wang, K. S., Chang, C. M. and Tsai, C. C. 2000. Effect of final cover on methane flux from MSW landfill sites. *Journal of the Environmental Protection Society of ROC*.
 36. 楊政國、盧虎生、朱鈞，2000。水稻對臭氧耐性之生理反應（一）：水稻田臭氧濃度變化及不同品種幼苗對臭氧濃度吸收能力之變異。《中華農學會報新版》，1: 159-170。
 37. 張哲明，2000。台灣地區湖泊甲烷釋放量。《大陸、湖沼與海洋雜誌》。
 38. 姚銘輝、盧虎生、朱鈞、蔡金川，2000。DSSAT 模式在預測水稻產量及氣候變遷衝擊評估之適用性探討。《中華農業研究》，49: 16-28。
 39. Yang, S. S. and Chang, H. L. 2001. Effect of green manure amendment and flooding on methane emission from paddy fields. *Chemosphere: Global Change Science* 3: 41-49.
 40. Yang, S. S. and Chang, H. L. 2001. Methane emission from paddy fields in Taiwan. *Biology and Fertility of Soils* 33: 157-165.
 41. Yang, S. S., Liu, C. M. and Liu, Y. L. 2001.

- Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal husbandry industry on Taiwan. *Journal of the Agricultural Association of China* 2: 450-463.
42. Chen, H. W., Yen, J. H., Chung, R. S., Lai, C. M., Yang, S. S. and Wang, Y. S. 2001. Carbon dioxide flux density in cultivated rice paddy field. *Proceedings of National Science Council, ROC, Part B* 25: 239-247.
43. Jang, H. D. and Yang, S. S. 2001. Greenhouse gases production of municipal solid wastes in column bioreactors. *Journal of the Biomass Energy Society of China* 20: 101-112.
44. Hegde, U., Chang, T. C. and Yang, S. S. 2001. Methane emission from landfill in northern Taiwan. *Renewable Energy* 482-1-482-5.
45. Chao, C. C. 2001. Nitrous oxide emission from the pot of peanut and rice with the application of animal manure composts. *Taiwanese Agricultural Chemistry and Food Sciences* 39: 275-283.
46. Chang, E. H. and Yang, S. S. 2002. Carbon dioxide fixation by microalgae. *Renewable Energy* 483-1-483-5.
47. 林韶凱、梁家楨、林岱瑩、楊政國、盧虎生，2002。植物對臭氧之生理反應。中華農藝雜誌，12: 79-91。
48. Chang, E. H. and Yang, S. S. 2003. Some characteristics of microalgae isolated in Taiwan for biofixation of carbon dioxide. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 43: 22-32.
49. Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M. and Liu, Y. L. 2003. Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands in Taiwan during 1990-2000. *Chemosphere* 52: 1295-1305.
50. Yang, S. S., Liu, C. M. and Liu, Y. L. 2003. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990-2000. *Chemosphere* 52: 1381-1388.
51. Hegde, U., Chang, T. C. and Yang, S. S. 2003. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere* 52: 1275-1285.
52. Chang, T. C. and Yang, S. S. 2003. Methane emission from wetlands of Taiwan. *Atmospheric Environment* 37: 4551-4558.
53. Yang, S. S. 2003. Climate change and sustainable agriculture. *Journal of the Chinese Society of Traditional Veterinary Science* 7: 13-41.
54. Chao, C. C. and Chao, W. L. 2003. Effect of nitrification inhibitors on nitrogen transformation and crop response in a sub-tropical sandstone shale alluvial soil. *Taiwanese Agricultural Chemistry and Food Sciences* 41: (in press).
55. Liou, R. M., Huang, S. N. and Lin, C. W. 2003. Methane emission from fields with differences in nitrogen fertilizers and rice varieties in Taiwan paddy soils. *Chemosphere* 50: 237-246.
56. Liou, R. M., Huang, S. N., Lin, C. W. and Chen, S. H. 2003. Methane emission from fields with three various rice straw treatments in Taiwan paddy soils. *Journal of the Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes* 38 (4): 511-527.

(二)、專書及專章(Books and Chapters):

1. Yang, S. S. 1995. Climate change and agricultural production. In: *Climate Change and Agricultural Production*. Ed. by Yang, S. S., pp. 65-83. The Chinese Agricultural Chemical Society, Taipei, Taiwan. (ISBN 957-99451-0-1)
2. Chung, R. S., Chang, E. H., Lin, C. C., Huang, S. N. and Yang, S. S. 1995. Methane production of paddy rice soils in Taiwan. In: *Climate Change and Agricultural Production*. Ed. by Yang, S. S., pp. 85-99. The Chinese Agricultural Chemical Society, Taipei,

- Taiwan. (ISBN 957-99451-0-1)
3. Yang, S. S., Chang, H. L., Chang, T. C., Wei, C. B. and Chung, R. S. 1997. Trace gas emission from agriculture in Taiwan. In: Proceedings of SCOPE/ICSU Nitrogen Workshop: The Effect of Human Disturbance on the Nitrogen Cycle in Asia. Ed. by Lin, H. C. Yang, S. S., Hung, C. T. and Chou, C. H., pp. 100-111. SCOPE/ICSU Program of Nitrogen Transport and Transformation, SCOPE/Academia Sinica, Taipei, Taiwan.
 4. Lin, H. C., Yang, S. S., Hung, T. C. and Chou, C. H. 1997. Proceedings of SCOPE/ICSU Nitrogen Workshop: The Effect of Human Disturbance on the Nitrogen Cycle in Asia. SCOPE/ICSU Program of Nitrogen Transport and Transformation, SCOPE/Academia Sinica, Taipei, Taiwan. pp. 135.
 5. Lu, S. C., Liu, C. M. and Yang, S. S. 1997. Atmospheric Environmental Change of Taiwan Area. Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 400.
 6. Yang, S. S. 1997. Greenhouse gas emission from agriculture in Taiwan. In: Greenhouse Gas Emissions, Aerosols, Land Use and Cover Changes in Southeast Asia. Ed. by Moya, T. B., pp. 26-35. START Southeast Asia Regional Committee. The Environmental Research Institute, Chulalongkorn University, Payathai Road, Bangkok, Thailand. (ISBN 974-333-219-7)
 7. Lin, H. C. and Yang, S. S. 1998. Greenhouse Effect and Energy Development. The Biomass Energy Society of China, Taipei, Taiwan. pp. 199. (ISBN 957-98785-1-X)
 8. Luo, Y. C., Jang, H. D., Chang, T. C. and Yang, S. S. 1998. Measurement of greenhouse gases with open-path gas-type FTIR/GC methods. In: Greenhouse Effect and Energy Development. Ed. By Lin, H. C. and Yang, S. S., pp. 18-32. The Biomass Energy Society of China, Taipei, Taiwan. (ISBN 957-98785-1-X)
 9. Lu, S. C., Liu, C. M. and Yang, S. S. 1998. Changes of Atmospheric Environments in Taiwan Area (III). Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 332.
 10. Wang, Y. P., Chao, C. C., Tan, C. C., Lai, C. M., Yang, S. S., Huang, S. N. and Liou, R. M. 1998. The effect of crops production on the greenhouse gas emissions and agricultural option for mitigation of greenhouse gas emissions. In: Effect of Climate Chang on Crop Production. Ed. by Lin, C. Y. and Yang, C. M., pp. 121-140. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. (ISBN 957-02-1643-3)
 11. Lai, C. M. and Yang, S. S. 1998. The impacts and the adaptive strategies of nitrous oxide on crop production. In: Effect of Climate Chang on Crop Production. Ed. by Lin, C. Y. and Yang, C. M., pp. 141-149. Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. (ISBN 957-02-1643-3)
 12. Yang, S. S. 1999. Flux and Mitigation of Greenhouse Gases. Department of Agricultural Chemistry and Global Change Research Center, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 220.
 13. Yang, S. S. 2000. Climate change and agricultural production. In: Future Aspect and Development of Agriculture in Taiwan. Ed. by Yang, S. S., pp. 150-159. Agricultural Exhibition Hall and Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. (ISBN 957-02-6820-4)
 14. Yang, S. S. 2000. Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (II). Global Change Research Center, Department of Agricultural Chemistry and Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University,



Taipei, Taiwan. pp. 233.

15. Yang, S. S. 2000. Climate change and agricultural production. In: Future Development of Agriculture in Taiwan. Ed. by Hsu, W. F. and Yang, S. S., pp. 136-146. Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. (ISBN 957-02-3914-X)
16. Hsu, W. F. and Yang, S. S. 2000. Future Development of Agriculture in Taiwan. Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 169. (ISBN 957-02-3914-X)
17. Yang, S. S. 2001. Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (III). Global Change Research Center, Department of Agricultural Chemistry and Agricultural Exhibition Hall, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 239.
18. Yang, S. S. 2003. Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (IV). Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry of National Taiwan University and Institute of Biotechnology of National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan. pp. 250.

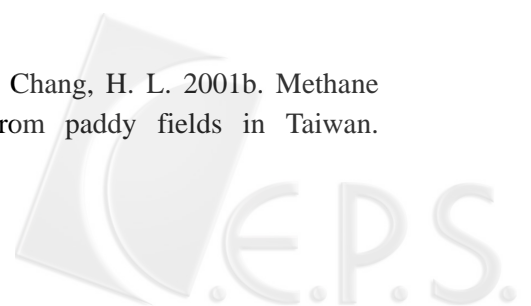
(三)、專利 (Patents):

1. Yang, S. S. and Chang, E. H. 2001. Biofixation of carbon dioxide with thermo-tolerant and carbon dioxide-tolerant microalgae. File No.90118379. Applied on July 26, 2001.

八、參考文獻

- 呂世宗、柳中明、楊盛行，1997。臺灣地區大氣環境變遷。國立台灣大學全球變遷研究中心及農業化學系，台北，臺灣。pp. 400。
- 呂世宗、柳中明、楊盛行，1998。臺灣地區大氣環境變遷 (三)。國立台灣大學全球變遷研究中心及農業化學系，台北，臺灣。pp. 322。
- 柳中明、洪肇嘉、楊盛行、江善鑫、邱昌泰、許志義、劉康克，1996。1996 年氣候變化綱要公約之國家通訊，行政院環境保護署。台北，臺灣。
- 楊盛行，1999a。溫室氣體通量測定及減量對策。國立台灣大學全球變遷研究中心、農業化學系及農業陳列館，台北，臺灣。pp. 220。
- 楊盛行，1999b。氣候變遷與農業生產。台灣未來農業發展方向。許文富、楊盛行編。pp. 136-146。國立台灣大學農業陳列館及農業化學系，台北，臺灣。
- 楊盛行，2000a。溫室氣體通量測定及減量對策 (II)。國立台灣大學全球變遷研究中心、農業化學系及農業陳列館，台北，臺灣。pp. 233。
- 楊盛行，2000b。臺灣農業生產時溫室氣體排放之現況。氣候變遷綱要公約資訊速報，25: 7-13。
- 楊盛行，2001。溫室氣體通量測定及減量對策 (III)。國立台灣大學全球變遷研究中心、農業化學系及農業陳列館，台北，臺灣。pp. 239。
- 楊盛行，2003。溫室氣體通量測定及減量對策 (IV)。國立台灣大學全球變遷研究中心及農業化學系、國立屏東科技大學生物科技研究所，臺灣。pp. 250。
- 楊盛行、賴朝明，2002。發展推廣農業部門溫室氣體減量技術。行政院環境保護署委託研究計畫成果報告。民國九十一年一月七日。計畫編號：EPA-90-FA17-03-90B040。
- Chang, H. L. and Yang, S. S. 1997. Measurement of methane emission from soil. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society*, 35: 475-484.
- Chang, T. C., Luo, Y. C. and Yang, S. S. 2000. Determination of greenhouse gases by open-path gas-type FTIR spectroscopy. *Food Science and Agricultural Chemistry*, 2: 7-14.

- Chang, T. C. and Yang, S. S. 2003. Methane emission from wetlands of Taiwan. *Atmospheric Environment*, 37; 4551- 4558.
- Cole, C. V., Cerri, C., Minami, K., Mosier, A., Rosenberg, N. and Sanerback, D. 1995. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emission. In: *Climate Change*. Ed. by Houghton, R. A. et al., p.745-771. Cambridge University Press, Cambridge, U. K.
- Cole, C. V., Duxbury, J., Freney, J., Heinemeyer, O., Minami, K., Mosier, A., Paustian, K., Rosenberg, N., Sampson, N., Sauerbeck, D. and Zhao, Q. 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutri. Cycl. Agroecosyst.*, 49: 221-228.
- Craswell, E. T., De Datta, S. K., Weeraeatne, C. S. and Vlek, P. L. G. 1985. Fate and efficiency of nitrogen fertilizers applied to wetland rice. I. The Phillippines. *Fert. Res.*, 6: 49-63.
- Hegde, U., Chang, T. C. and Yang, S. S. 2003. Methane and carbon dioxide emission from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan. *Chemosphere*, 52: 1275-1285.
- Intergovernment Panel on Climate Change. 1996. *Climate Change: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Ed. by Waston, R. T., Zingowera, M. C. and Moss, R. H., Cambridge University Press, Cambridge.
- Intergovernment Panel on Climate Change. 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 2. OECD, Paris, France.
- Malhi, S. S. and Nyborg, M. 1991. Recovery of ¹⁵N-labelled urea: influence of zero tillage, and time and method of application. *Fert. Res.*, 28: 263-269
- Minami, K. 1997. Atmospheric methane and nitrous oxide: sources, sinks, and strategies for reducing agricultural emissions. *Nutri. Cycl. Agroecosyst.*, 49: 230-211.
- Rolston, D. E., Sharpley, A. N., Toy, D. W. and Broadbent, F. E. 1982. Field measurement of denitrification. III: Rates during irrigation cycles. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46: 289-296.
- Mosier, A. R., Bronson, K. E., Freney, J. R. and Keerthisinghe, D. G. 1994. Use of nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emission from urea fertilized soils. In: *CH₄ and N₂O: Global Emissions and Controls from Rice Fields and Other Agricultural and Industrial Sources*. Ed. by Minami, K., Mosier, A. and Sass, R. p.197-207. Yokendo Publishers, Tokyo.
- Yang, S. S. 1988. Methane production of river and lake sediments in Taiwan. *Environmental Geochemistry and Health*, 20: 245-249.
- Yang, S. S. and Chang, E. H. 1997. Effect of fertilizer application on methane production in paddy soils of Taiwan. *Biology and Fertility of Soils*, 25: 245-251.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 1998. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 69: 69-80.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 1999. Diurnal variation of methane emission from paddy field. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 76: 75-84.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 2001a. Effect of green manure amendment and flooding on methane emission from paddy fields. *Chemosphere: Global Change Science*, 3: 41-49.
- Yang, S. S. and Chang, H. L. 2001b. Methane emission from paddy fields in Taiwan.



- Biology and Fertility of Soils*, 33: 157-165.
- Yang, S. S., Chu, C. and Lu, H. S. 2003a. Flux of ozone and its effect on rice growth in Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 130-139.
- Yang, S. S., Lin, L. P., Liu, C. P., Chen, I. C., Lai, C. M., Wang, Y. S., Young, C. C., Chao, C. C., Tan, C. C., Lee, C. F. and Horng, J. J. 2003b. Flux and mitigation of carbon dioxide in the agriculture production of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 1-14.
- Yang, S. S., Lin, L. P., Liu, C. P., Lai, C. M., Wang, Y. S., Huang, S. N., Chen, I. C., Wei, C. B., Wang, Y. P., Tan, C. C., Kuo, K. T., Chang, C. M., Lee, C. F. and Horng, J. J. 2003c. Flux and mitigation of methane in the livestock production and wastes treatment of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 36-58.
- Yang, S. S., Liu, C. P., Chen, I. C., Chang, T. C., Wei, C. B., Lai, C. M., Wang, Y. P., Chao, C. C., Chang, C. M., Wang, S. L. and Chen, A. C. C. 2003d. Flux of methane and nitrous oxide in the rivers, lakes and wetlands of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 59-71.
- Yang, S. S., Liu, C. P., Chen, I. C., Wei, C. B., Lai, C. M., and Chao, C. C. 2003e. Flux and mitigation of nitrous oxide in the paddy production of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 72-87.
- Yang, S. S., Liu, C. P., Chen, I. C., Wei, C. B., Lai, C. M., Chao, C. C. and Young, C. C. 2003f. Flux and mitigation of nitrous oxide in the upland production of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 88-110.
- Yang, S. S., Liu, C. P., Chen, I. C., Wei, C. B., Lai, C. M., Yang, Y. S., Chao, C. C. Horng, J. J. and Lee, C. F. 2003g. Flux and mitigation of nitrous oxide in the livestock production and wastes treatment of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 111-129.
- Yang, S. S., Liu, C. P., Lai, C. M., Huang, S. N., Chen, I. C., Wei, C. B., Wang, Y. P., Young, C. C., Tan, C. C., Liou, R. M., and Chang, T. C. 2003h. Flux and mitigation of methane in the agriculture production of Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 15-35.
- Yang, S. S., Liu, C. P., Lin, L. P., Lai, C. M., Wang, Y. S., Chu, C., Lu, H. S., Wang, Y. P., Chao, C. C., Young, C. C., Lu, S. C., Kuo, K. T., Chang, C. M., Horng, J. J., Liou, R. M., Huang, S. N. and Lee, C. F. 2003i. Flux and mitigation of greenhouse gases in Taiwan. *Newsletter of Global Change, National Taiwan University*, 40: 140-153.
- Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M. and Liu, Y. L. 2003j. Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands in Taiwan during 1990-2000. *Chemosphere*, 52: 1295-1305.
- Yang, S. S., Liu, C. M. and Liu, Y. L. 2001. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal husbandry industry on Taiwan. *Journal of the Agricultural Association of China*, 2: 450-463.
- Yang, S. S., Liu, C. M. and Liu, Y. L. 2003k. Estimation of methane and nitrous oxide emission from animal production sector in Taiwan during 1990-2000. *Chemosphere*, 52: 1381-1388.
- Youngdahl, L. J., Lupin, M. S. and Craswell, E. T. 1986. New developments in nitrogen fertilizers for rice. *Fert. Res.*, 9: 149-160.

