

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

生態系土壤二氧化碳通量研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 92- 2313 - B - 002 - 147 -
執行期間： 92年 08月 01日至 93年 07月 31日

計畫主持人：高文媛
共同主持人：
計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
 涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：台灣大學生命科學系

中 華 民 國 95 年 2 月 21 日

中文摘要

關鍵字：土壤呼吸作用；二氧化碳；碳素循環；草原生態系；森林生態系。

土壤釋放出之二氧化碳（通稱土壤呼吸作用）不僅在陸生生態系碳素循環中扮演很重要的一個角色，也一向被認為是全球碳素最大通量，所以是了解全球碳素平衡不可或缺的一環。為了能正確地預測陸生生態系和大氣碳素交換量，首先必須了解影響土壤呼吸作用的因子。此外，生態系土壤釋放出之二氧化碳主要來自根部呼吸和微生物分解土壤有機質，因此測量生態系土壤二氧化碳釋出量的變化，可以提供該生態系能量變化和營養鹽循環速率的指標。本研究測量台灣不同生態系（包括塔塔加高山草原和鐵杉森林）土壤單位面積、單位時間內所釋放出之二氧化碳量，並同時監測土壤溫度和溼度的變化，分析土壤碳、氮含量。特定目的在：(1)估算草原和森林生態系全年之土壤呼吸作用率；(2)探討影響不同生態系土壤呼吸作用的主要因子。長期目標在 modeling 不同生態系土壤呼吸作用率，以期能評估氣候變遷對台灣生態系土壤呼吸作用和地下根部生物量可能產生的影響。結果發現兩區的土壤呼吸作用率均和土壤溫度呈正相關，塔塔加高山草原區的土壤呼吸作用率顯著高於鐵杉森林區。

Abstract

Keywords: soil respiration; carbon dioxide; grassland; forest ecosystem; carbon cycle
Soil CO₂ flux to the atmosphere is a significant component of the global C cycle, the emission of CO₂ from soil is recognized as one of the largest fluxes in the global carbon cycle. Accurate predictions of carbon exchange between terrestrial ecosystems and the atmosphere require an understanding of factors influencing patterns of soil CO₂ flux. In addition, The major sources of carbon dioxide emission from soils (i.e., soil respiration) come from root respiration and microbial decomposition of soil organic matter, hence, measurement of changes in soil CO₂ flux rates of an ecosystem provides useful indicators of changes in soil organic matter turnover, rates of energy and nutrient cycling of the ecosystem. In this study, we measured the amount of soil respiration rate of two different ecosystems, including grassland and Tsuga forest ecosystem, in Taiwan. The goal of this study are to understand the controls of soil respiration and to evaluate the possible impact of climate changes on soil respiration and the potential feedback from soil to the greenhouse effect. The specific objectives are (1) to estimate and compare the annual flux of soil respired CO₂ of these ecosystems; (2) to determine the factors specifically responsible for the monthly variation of the rate of soil respired CO₂ and further to model the rate of soil respiration of each ecosystem; and (3) to find the relationship between vegetation types and rate of soil respiration. Results show that there is positive correlation between soil respiration rate and soil temperature for both ecosystems. The grassland had higher soil respiration rate than the Tsuga forest.

一、前言

土壤釋放出之二氧化碳（通稱土壤呼吸作用）主要來自根部呼吸作用和微生物分解土壤有機質，所以土壤呼吸作用代表整個生態系地下部(belowground) 碳素代謝，是陸生生態系碳循環中很重要的過程。分析土壤呼吸量並可提供一評估土壤異養代謝活性之有效指標。

在全球碳素循環中，土壤呼吸作用為一主要的碳通量(flux)，僅次於初級生產量；根據估計，初級生產者一年固定約 100 – 120 Pg (1 Pg = 10^{15} g) 的碳 (Houghton and Woodwell 1989)。而陸生生態系中土壤呼吸作用一年釋出約 50 – 75 Pg 的碳 (Shlesinger 1977, Raich and Shleinger 1992, Raich and Potter 1995)。工業革命後大量使用化石燃料，估計每年約有 5 Pg 的碳添加到大氣中 (Gifford 1994)。其結果是大氣中二氧化碳濃度大幅增加，導致所謂的溫室氣體效應。同理可推測，土壤呼吸作用只要有微量的變化就足以對大氣產生相當大的影響。為了預測未來環境變遷可能對土壤碳循環產生的效應，我們必須了解控制土壤二氧化碳通量的環境因子，以及分析這些因子如何影響土壤呼吸作用速率。另外，研究報告指出，森林土壤的氮素循環亦受控於土壤碳循環 (Van Miegroet 1990, Hart, Myrold and Perry 1994)；所以研究土壤碳通量也是了解土壤氮素循環所必須。

二、研究目的

本計畫擬延伸已在進行的研究，測量位於台灣北、中、南三個長期生態研究站其土壤呼吸作用率，比較其變異，並探討控制因子。特定目的如下：

- (1) 估算草原和森林生態系全年土壤釋放出之二氧化碳量；
- (2) 探討影響草原和森林生態系土壤呼吸作用的主要因子。

長期目標在 modeling 不同生態系土壤呼吸作用率，以期能評估氣候變遷對台灣各種生態系土壤碳代謝可能產生的影響，以及土壤碳代謝可能對氣候變遷反應出之效應 (feedbacks)。

三、文獻探討

國外研究指出不同生態系其土壤呼吸作用率不同，其變化同時受不同環境因子影響，這些環境因子包括：溫度、土壤濕度、植被種類和受質性質、生態系淨生產量、生態系淨生產量分配到地下部之比例、土地使用型態及干擾頻度等 (Rustad, Huntington and Boone 2000)。國內這方面相關研究相當有限。申請人研究室過去數年研究方向著重於使用穩定性同位素技術配合傳統研究方法探討生態系碳氮循環。從 1998 年開始我們已在台灣長期生態研究站之鴛鴦湖保護區進行生態系二氧化碳通量研究 (Kao et al 2000)；並從 2001 年加入土壤呼吸作用率測量 (圖一)，同時監測土壤和空氣溫度、溼度、分析土壤含水量、土壤有機質含量、土壤碳氮含量等。

四、研究方法

研究地點：

位於玉山塔塔加鞍部的草原區和鐵林區，在這兩個樣區進行測量，每個樣區設十個測樣點，同時進行下列測量。

研究方法：

傳統 in situ 測量土壤二氧化碳釋出量的方法是將一箱子蓋住某單位面積之土壤表面，箱內放氫氧化鈉或氫氧化鈣鹼性溶液以吸收土壤釋出之二氧化碳，然後計算單位時間內溶液所吸收之二氧化碳來代表二氧化碳釋出量 (static closed chamber measurement)。然而這種方法近來引起爭議，許多土壤學家認為這種方法會導致過多或過少之估算值。鑒於此，本研究用一更新的方法(dynamic closed chamber)：用遠紅光氣體分析儀 (IRGA) 測量土壤呼吸測量箱內二氧化碳濃度隨時間變化情形。用此方法估算出之土壤呼吸率被認為較傳統方法接近實際數值 (Rochette et al. 1992, Nay et al. 1994)，且所需測量時間短，已廣為被使用在測量土壤二氧化碳釋出率 (Craine et al. 1999, Craine and Wedin 2002, Hobbie and Chapin 1998, Vourlieties et al. 1993)。

本研究使用一攜帶式光合作用系統 (Li-6200, Li-Cor) 和一土壤呼吸測量箱 (Li-6000-09, Li-Cor) 每個月進行一次測量，每次分早上(8:30am)和下午(14:30 pm)測量，每個樣點連續測六個值。並同時測量氣溫和土溫。每個月採土樣分析含水量、有機質、和碳氮含量(NA 1500 elementary analyzer)。

五、結果和討論

從 2003 年十月到 2004 年十月測量土壤呼吸作用率、土壤溫度、土壤含水量和氣溫，其結果如圖一所示。草原區的土壤呼吸作用率、土壤溫度、氣溫均高於鐵杉林區，而土壤含水量則較鐵杉林區低。

土壤呼吸作用率和土壤溫度呈現相類似的月變化型式(Fig. 1A, 1B):12 到 2 月間有最低的值；而 6 到 9 月間有最高的值。

分析環境因子(包括土壤溫度、氣溫和土壤含水量)和土壤呼吸作用率的關係後，發現兩樣區土壤呼吸作用率和土壤溫度均有顯著正相關 (Fig. 2)。比較兩樣區在同一土壤溫度時，草原區的土壤呼吸作用率顯著高於鐵杉林區。雖然 Owen et al. (2003)報導草原區土壤有較高的土壤有機質，但因為土壤呼吸作用主要來自根部呼吸作用和微生物分解土壤有機質，所以導致草原區土壤呼吸作用率高於鐵杉林區的原因究竟是因為其有較高的微生物分解率，或是有較多的根和較高的根呼吸率，真正的原因有待進一步研究。

六、参考文献

- Craine, J. M. and D.A. Wedin. 2002. Determinants of growing season soil CO₂ flux in a Minnesota grassland. *Biogeochemistry* 59: 303-313.
- Crain, J. M., D.A. Wedin and F.S. Chapin III. 1999. Predominance of ecophysiological controls on soil CO₂ flux in a Minnesota grassland. *Plant and Soil* 135: 133-142.
- Hobbie, S.E. and F. S. Chapin III. 1998. The response of tundra plant biomass, aboveground production, nitrogen, and CO₂ flux to experimental warming. *Ecology* 79: 1526-1544.
- Houghton, R. A. and G. M. Woodwell. 1989. Global climatic change. *Sci. Am.* 260: 36-44.
- Raich, J. W. and W. H. Schlesinger. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus* 44B: 81-99.
- Raich, J. W. and C. S. Potter. 1995. Global pattern of carbon dioxide emissions from soils. *Global Biogeochem. Cycle* 9: 23-36.
- Rustad, L. E., T.G. Huntington and R. D. Boone. 2000. Controls of soil respiration: implications for climate change. *Biogeochemistry* 48: 1-6.
- Owen, J. S., M. K. Wang, H. L. Sun, H. B. King, C. H. Wang and C. F. Chuang. 2003. Comparison of soil nitrogen mineralization and nitrification in a mixed grassland and forested ecosystem in central Taiwan. *Plant and Soil* 251: 167-174.
- Schlesinger, W. H. and J. A. Andrews. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry* 48: 7-20.
- Von Miegroet, H., D.W. Johnson, and D.W. Cole. 1990. Soil nitrification as affected by N fertility and changes in forest floor C/N ratio in four forest soils. *Can. J. For. Res.* 20: 1012-1019.

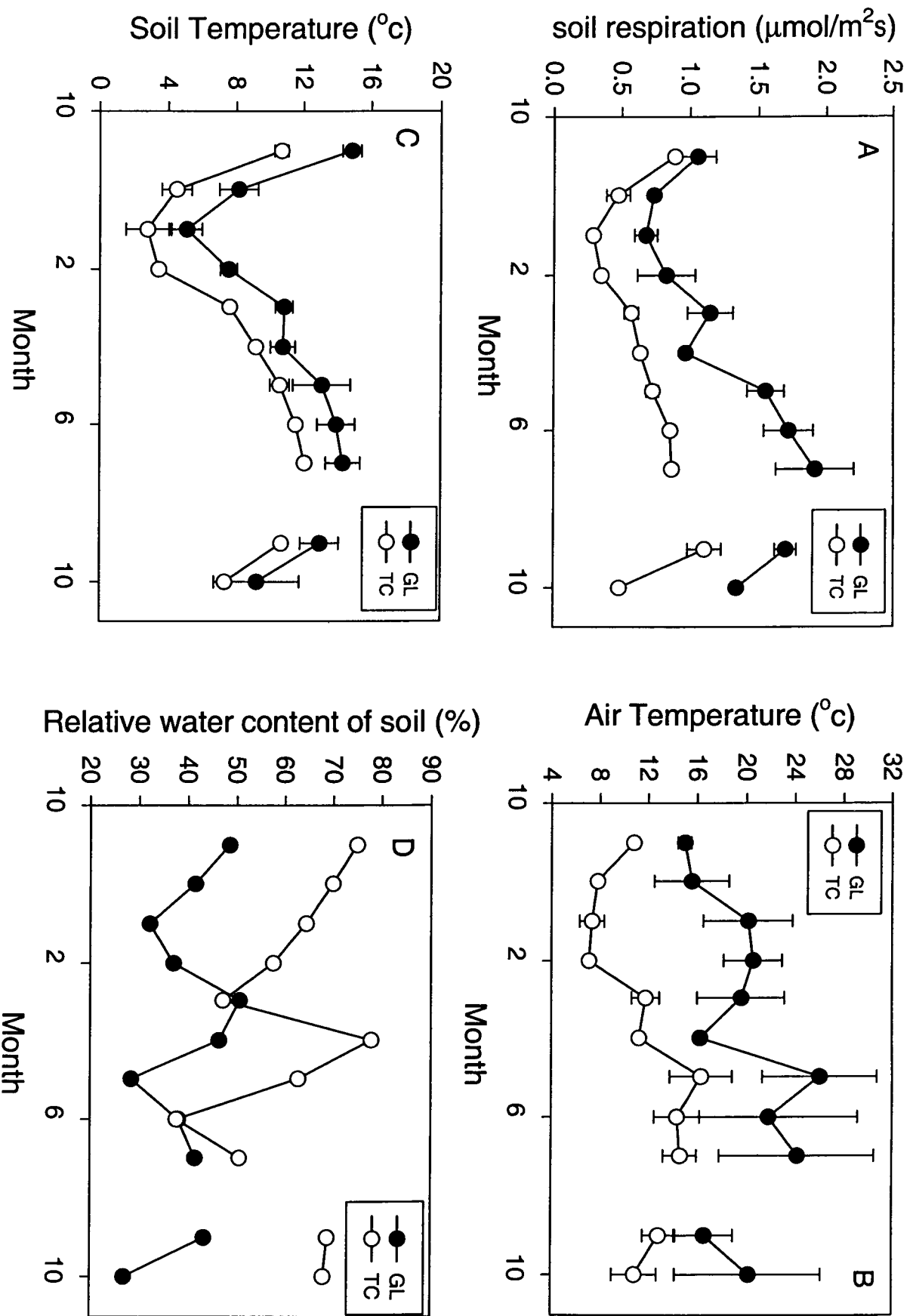


Fig. 1. Monthly changes in soil respiration rate (A), air temperature (B), soil temperature (C) and relative soil water content of the grassland (GL) and the Tsuga forest (TC), measured from November, 2003 to October, 2004.

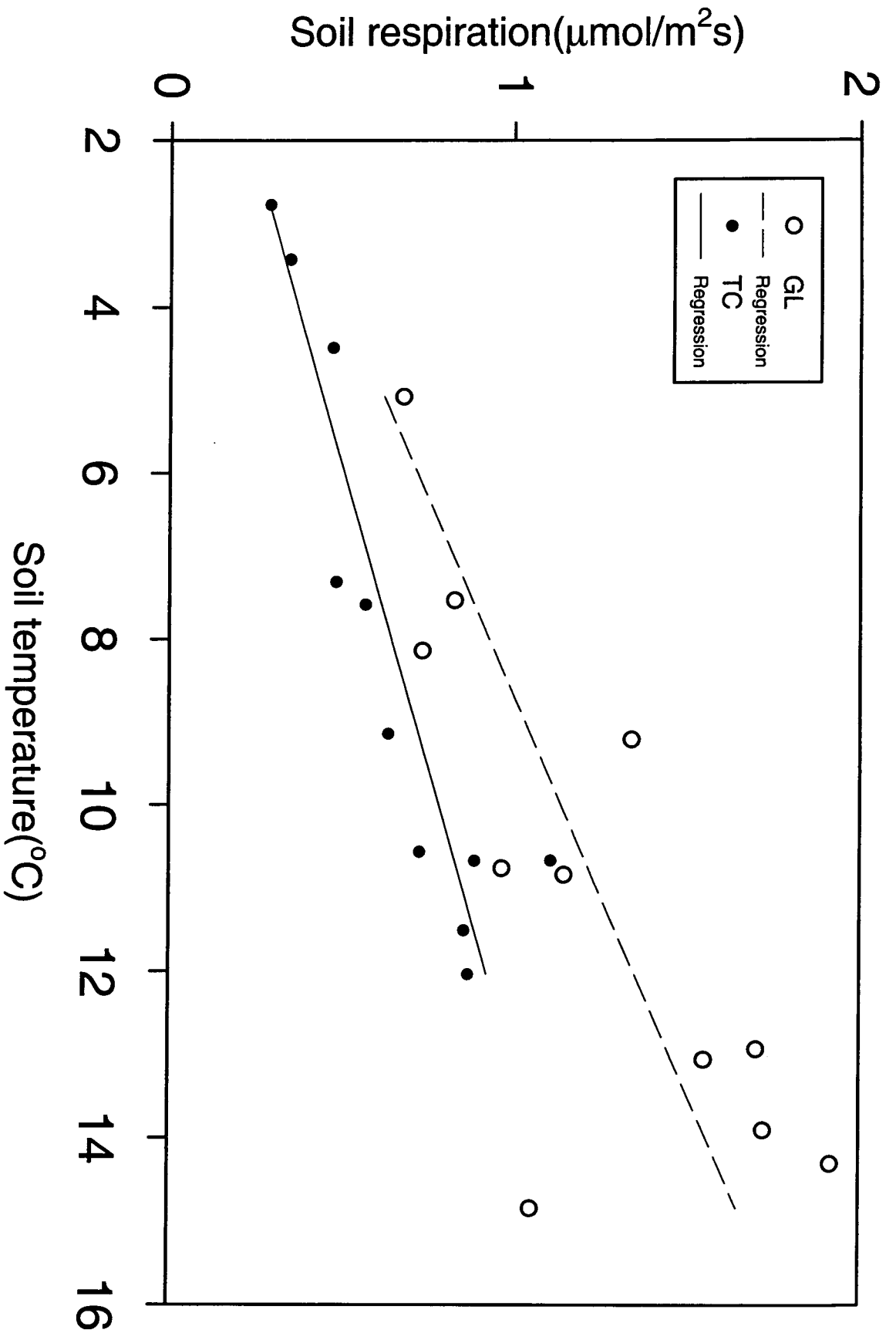


Fig. 2 The relationship between soil temperature and soil respiration rate of the grassland (GL) and the Tsuga forest (TC)