

장마 기간 중 전나무림과 신갈나무림의 발생원별 토양 호흡 및 토양 환경 변화 연구  
구진우<sup>1\*</sup>, 손요환<sup>1</sup>, 김래현<sup>1</sup>, 서경원<sup>1</sup>, 경지현<sup>1</sup>, 노남진<sup>1</sup>, 반지연<sup>1</sup>, 김준<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>고려대학교 환경생태공학부, <sup>2</sup>연세대학교 대기과학과

**Changes in soil respiration by source and soil environment during the rainfall  
'Changma' in *Abies holophylla* and *Quercus mongolica* stands**

Jin-Woo Koo<sup>1\*</sup>, Yowhan Son<sup>1</sup>, Rea-Hyun Kim<sup>1</sup>, Kyung-Won Seo<sup>1</sup>, Ji-Hyun Kyung<sup>1</sup>, Nam-Jin Noh<sup>1</sup>, Ji-Yeon Ban<sup>1</sup>, and Joon Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University*

<sup>2</sup>*Department of Atmospheric Sciences, Yonsei University*

(Correspondence: yson@korea.ac.kr)

## 1. 서언

우리나라에서 몬순 기후의 영향으로 여름철에 장마가 발생한다. 장마는 연간 강수량 중 많은 부분을 차지하고 있어, 생태계에서 물질이 이동하는데 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. 특히 장마의 영향으로 토양 환경이 변화되고, 이에 따라 토양의 탄소 동태도 변화될 것이므로, 이러한 현상에 대한 연구는 산림생태계에서의 탄소 순환을 이해하는데 중요하다. 본 연구는 장마가 산림의 토양 호흡에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 전나무림과 신갈나무림에서 강우 전, 중, 후 기간의 발생원(뿌리 및 미생물)별 토양 호흡과 토양 환경 요인을 측정하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상지

본 연구는 경기도 포천군 소흘면에 위치한 국립수목원 내 신갈나무 천연림과 전나무 인공림 지역에서 실행하였다. 전나무 인공림은 북위 37°44' 52.9" 동경 127°09' 45.0" 의 관측타워 주변에 있고, 신갈나무 천연림은 관측타워로부터 북쪽으로 100m 떨어진 곳에 위치하고 있다.

### 2.2. 측정 및 분석

2004년 10월 단근처리를 위하여 수종별 3개씩의 1m × 1m의 방형구를 설치하고 방형구 내 지피식생을 모두 제거하였다. 그 다음 폭 20cm, 깊이 60cm의 도랑을 파 경계면의 모든 뿌리를 끊고 약 0.5mm 두께의 천막용 비닐을 도랑 주위에 싸고 도랑을 매웠다. 그리고 인근에 교란되지 않은 곳에 수종별 3개씩의 1m × 1m의 방형구를 설치하고 대조구로 지정하였다. 각 방형구 내 4 개 지점에 토양 발생 이산화탄소 측정을 위하여 칼라를 설치하였다. 매달 처리구의 방형구 내 목본류 지상부를 절단하고 초본류는 토양이 교란되지

않도록 주의하며 제거하였다.

2005년 6월 24일부터 7월 15일까지의 장마 기간 동안 각 방형구에서 강우 전, 중, 후 시기에 토양 호흡, 토양 온도, 토양 수분 등을 측정하였다. 토양 호흡은 IRGA (infrared gas analyzer, EGM-4, PP System, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 hydrosense (soil water content meter, Decagon Devices, USA)를 이용하여 토양 용적 수분 함량 (volumetric soil water content)를 측정하였고, 토양 온도는 thermocouple thermometer (Digi-Sense Type K, Cole-Parmer Instrument Company, USA)를 이용하여 측정하였다. 그리고 방형구별 3 지점에서 토양을 채취하여 미생물 활성도를 측정하였다. 미생물 활성도는 채취한 토양 내 미생물이 분비하는 효소를 fluorescein diacetate로 가수분해하여 흡광도를 측정하는 FDA 법 (hydrolysis of fluorescein diacetate)을 이용하여 조사하였다.

수종별 및 측정시기별 토양 호흡과 토양 온도, 토양 습도, 미생물 활성도 등의 차이에 대한 유의성을 general linear model을 사용하여 검정하였으며, 각 자료의 평균값은 Duncan의 다중 검정법으로 비교하였다. 모든 통계분석에는 SAS v9.1를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 토양 온도와 수분 함량

단근처리를 하지 않은 대조구의 토양 온도 (°C)는 강우 전, 중, 후 순으로 전나무림에서 각각 19.6, 20.6, 20.0, 신갈나무림에서는 19.4, 20.5, 20.3 등으로 나타났다. 대조구의 토양 온도는 전나무림에서 강우 중이 가장 높았고, 강우 전이 가장 낮았다. 신갈나무림에서 강우 전이 가장 낮았으며, 강우 중과 후는 차이가 없다. 단근처리구에서 토양 온도는 강우 전, 중, 후 순으로 전나무림에서 각각 19.9, 20.6, 20.0, 신갈나무림에서 19.9, 20.9, 20.6 등으로 나타났다. 단근처리구의 토양 온도는 전나무림에서 강우 중이 높았고 강우 전과 후는 차이가 없었으며, 신갈나무림에서 강우 전이 낮았고 강우 중과 후는 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 시기별 단근처리구의 토양 온도는 전나무림에서 대조구와 차이가 없었고, 신갈나무림에서 강우 전은 대조구보다 높았으나 강우 중과 후는 차이가 없었다 (Figure 1).

토양 용적 수분 함량 (%)은 강우 전, 중, 후 순으로 전나무림의 대조구에서 각각 10.9, 17.2, 14.6, 단근처리구에서 13.8, 20.2, 16.8 등으로 나타났고, 신갈나무림의 대조구에서 각각 10.7, 23.5, 17.4, 단근처리구에서 13.2, 23.1, 18.1 등으로 나타났다. 대조구의 토양 용적 수분 함량은 강우 전을 제외하고 신갈나무림이 전나무림보다 높았다. 단근처리구의 토양 용적 수분 함량은 전나무림에서 대조구보다 높았으며, 신갈나무림에서 강우 전은 대조구보다 높았고 강우 중과 후는 대조구와 차이가 없었다. 각 임분의 대조구와 단근처리구에서 토양 용적 수분 함량은 강우 중 > 후 > 전 순으로 나타났다 (Figure 1).

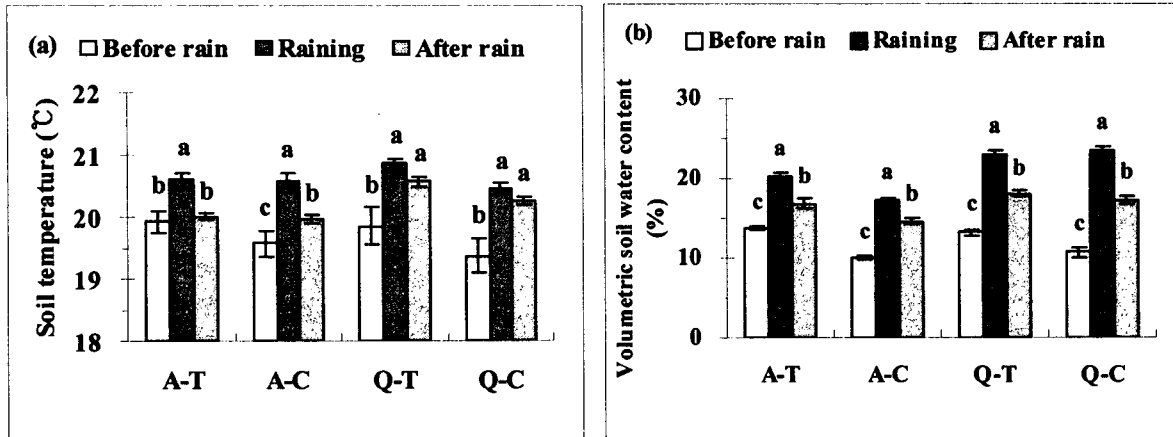


Figure 1. (a) Soil temperature and (b) volumetric soil water content for the study stands. A-T is a trenched plot of *A. holophylla*, and A-C is a control plot of *A. holophylla*. Q-T is a trenched plot of *Q. mongolica*, and Q-C is a control plot of *Q. mongolica*. Values with the same letter in the same plot did not differ at  $p=0.05$ .

### 3.2. 토양 미생물 활성도

토양 미생물 활성도 ( $\mu\text{gFDA}/\text{min}/\text{g}$  dry soil)는 강우 전, 중, 후 순으로 전나무림의 대조구에서 각각 6.56, 8.05, 7.44, 단근처리구에서는 7.05, 10.32, 7.89 등으로 나타났고, 신갈나무림의 대조구에서 7.20, 6.53, 6.20, 단근처리구에서 5.11, 5.52, 5.98 등으로 나타났다. 각 임분 처리별 토양 미생물 활성도에서 강우 전, 중, 후 기간의 차이가 없었다. 단근처리구에서 전나무림이 신갈나무림보다 높았으며, 대조구에서는 강우 중에서만 전나무림이 높았다. 전나무림에서 단근처리구의 미생물 활성도는 대조구와 차이가 없었고, 신갈나무림에서는 강우 전의 대조구가 단근처리구보다 높은 것으로 나타났고, 나머지는 차이가 없었다 (Figure 2).

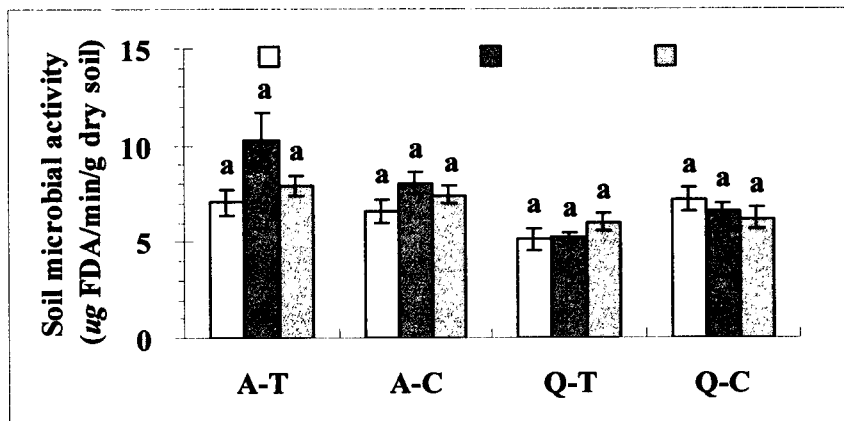


Figure 2. Soil microbial activity for the study stands. Values with the same letter in the same plot did not differ at  $p=0.05$ .

### 3.3. 발생원별 토양 호흡량

평균 토양 호흡 ( $\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ )은 강우 전, 중, 후에 전나무림의 대조구에서 910, 880, 940 등으로 나타났고, 강우 시기별 차이는 없었다. 그리고 신갈나무림의 경우 대조구는 강우 전, 중, 후에 660, 850, 860 등이고, 강우 전이 중와 후보다 낮은 것으로 나타났다. 단근처리구와 대조구의 토양 호흡 비교에서 추정된 뿌리 호흡의 비율 (%)은 전나무림에서 강우 전(36) > 중(28) > 후(23)의 순으로 나타났고, 신갈나무림에서 강우 전(32) < 중(34) < 후(41)의 순으로 나타나, 강우가 전체 토양 호흡에서 뿌리 호흡이 차지하는 비율에 미치는 영향이 수종에 따라 다른 것으로 나타났다 (Figure 3).

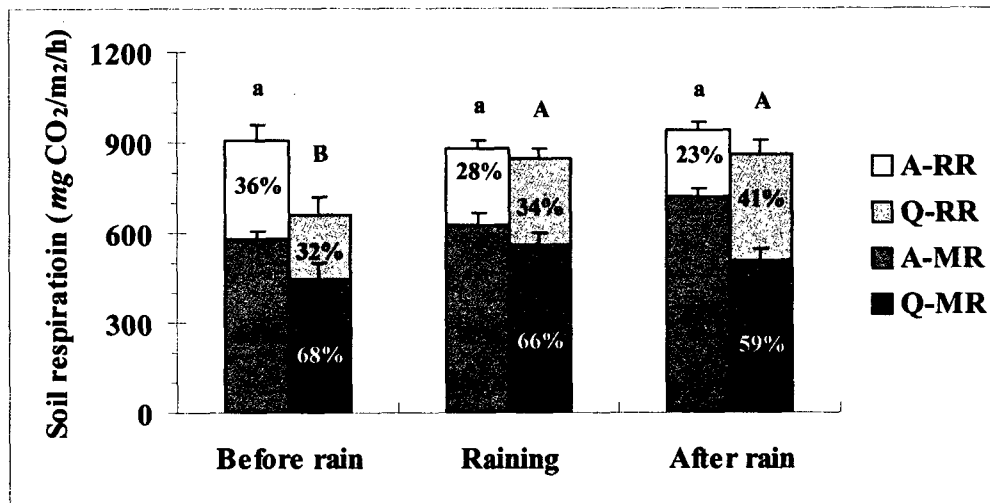


Figure 3. Soil respiration for the study stands. is *A. holophylla*, and is *Q. mongolica*. RR is a root respiration, and MR is a microbial respiration. Values with the same small or capital letter did not differ at  $p=0.05$ .