

김제 논 생태계에서의 플럭스 장기 관측

심교문¹, 민성현^{1*}, 이슬비¹, 김용석¹, 이덕배¹, 강기경¹, 이재석²

¹국립농업과학원 기후변화생태과, ²건국대학교 생명과학과

Long-Term Flux Monitoring in the Gimje Paddy Field

S. H. Min^{1*}, K. M. Shim¹, S. B. Lee¹, Y. S. Kim¹, D. B. Lee¹, K. K. Kang¹, J. S. Lee²

1Climate Change & Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA,

2Department of Biological Sciences, Konkuk University

(Correspondence: kmshim@korea.kr)

1. 서 언

작물의 군락과 대기 지표층 사이에 교환되는 이산화탄소, 증발산, 에너지(현열, 잠열) 같은 물질 플럭스는 농경지 토양환경(토양통의 종류 및 물리적, 이화학적 특성, 배수의 정도 등) 및 기후조건(온도, 습도, 강수량 등), 영농활동(관개시설의 유무 및 시기, 작물 경작 방식 등) 및 농작물의 생육상황(초장, 건물중 등) 등에 의해 다르게 변화되기 때문에 농경지에서 발생하는 이산화탄소 등의 물질플럭스를 관측하기 위해서는 주변 환경인자들과의 상호관계를 파악하는 것이 매우 중요하다.

국립농업과학원에서는 2011년 3월에 작물의 식물생리학적 측면을 고려한 챔버 방식과 작물의 군락권 규모를 고려한 미기상학적 방식으로 측정하는 농경지 플럭스 장기관측 시스템을 전북 김제의 벼-보리 이모작 재배지대에 구축하고, 논 생태계에서 일어나는 물과 이산화탄소 그리고 에너지 교환량을 측정하고 있다. 이와 같은 관측 자료는 논 생태계가 이산화탄소의 흡원(sink) 또는 발원(source)으로 평가하는 중요한 기준이 되고, 벼와 보리의 생육 및 생산량을 추정하는 기초자료로 활용될 것이다. 또한 논 생태계에서 일어나는 탄소 및 물 순환과정의 각 구성요소를 정량적으로 세분하고 주요 환경인자들과의 상관관계를 정립하는 데 활용될 것이다.

본 연구에서는 전북 김제지역의 논 생태계에서 구축된 플럭스 장기 모니터링 시스템을 소개하고 그 동안 얻어진 몇 가지 결과물을 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구지역

작물 군락과 대기사이의 탄소, 물, 에너지 흐름을 연구하고자 2011년에는 전북 김제시 신용리 304-4번지의 벼-보리 이모작 재배지대에 미기상학적 방식과 챔버 방식의 플럭스 관측시스템을 구축하였다.

2.2. 미기상학적 방식의 플럭스 관측시스템

본 시스템에 설치된 주요 장비는 3차원 풍속을 측정하는 CSAT3(Campbell Science Inc., USA)과 대기 중의 난기류의 CO₂/H₂O 분석하는 LI-7500(LI-Cor, USA) 및 복사량을

측정하는 CNR1(Kipp&Zone, Holland)이다. 그리고 온도/습도(HMP45C), 지중열류량(HPF01), 토양수분(CS616), 지온(TCAV), 강수량(S-RGB-M002), 일사량(LI200X) 등도 함께 측정되고 있다. 물질 플럭스의 측정 속도는 10Hz(1초에 10번 측정) 이고, 원본자료(10Hz)와 30분 평균자료는 데이터로거(CR5000, Campbell Science Inc., USA)의 CF카드에 저장되며, 30분 평균 자료는 CDMA 통신으로 실시간 수집되고 있다. 원본자료는 1달 간격으로 현장에서 다운로드하여 보관 및 분석에 활용하고 있다.

2.3. 챔버 방식의 플럭스 관측시스템

위 시스템과 동일 장소에 챔버 방식의 순생태계생산량(NEP)과 토양호흡량(SR)을 자동으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 구축하였다. 순생태계생산량 자동측정시스템은 4개 챔버로 구성되어 있고, 토양호흡량 자동측정시스템은 6개 챔버로 구성되어 있으며, 1시간 간격으로 측정되어 CDMA 통신으로 실시간 수집되고 있다. 또한 토양호흡량 및 작물 생산량과 관련이 깊은 환경요인을 수집하기 위해 기온, 수온(5cm), 지온(0, 2, 5, 10, 20, 30cm), 토양수분(0-10cm, 0-30cm), 광량자밀도(군락 상.하) 센서 등이 설치되어 동시에 측정되고 있다.

2.3. 벼/보리 생육조사 및 엽면적지수 측정

주기적으로(2주 간격) 작물(벼 혹은 보리)의 엽면적 지수 및 생육상황(초장, 분얼수, 생체중, 건물중)을 조사하고 있으며, 생육 시기별 작물(벼 혹은 보리)의 탄소/질소 함량을 원소분석기(Vario MAX CN, US)를 이용하여 측정하고 있다. 작물의 엽면적 지수는 비파괴적 방법 (LAI-2000, LI-Cor, US)과 파괴적 방법(LI-3200, Li-Cor, US)으로 동시에 측정하고 있고, 생육조사는 부위별(잎, 줄기, 뿌리 등)로 나누어 생체중과 건물중, 그리고 탄소/질소 함량을 조사하고 있다. 또한 2주 간격으로 토양의 이화학적 특성 및 토양의 탄소/질소 함량 변화도 함께 조사하고 있다.

3. 결 과

3.1. 논 생태계의 이산화탄소 플럭스 변화

Fig. 1은 2011년에 미기상학적 방식으로 관측된 벼-보리 재배기간의 CO₂ 플럭스의 주요 생육단계별 일변화를 보여주고 있다. 보리 재배기간에는 생육재생(3월 3일) 및 수확직전(6월 3일)보다 보리 생육이 왕성한 시기의(4월 28일) 주간에서 보리 군락으로 CO₂가 많이 이동하였다. 벼 재배기간에서도 보리와 마찬가지로, 벼 작물의 생육이 왕성한 시기일수록 논 생태계가 CO₂를 많이 흡수하는 것으로 관측되었다.

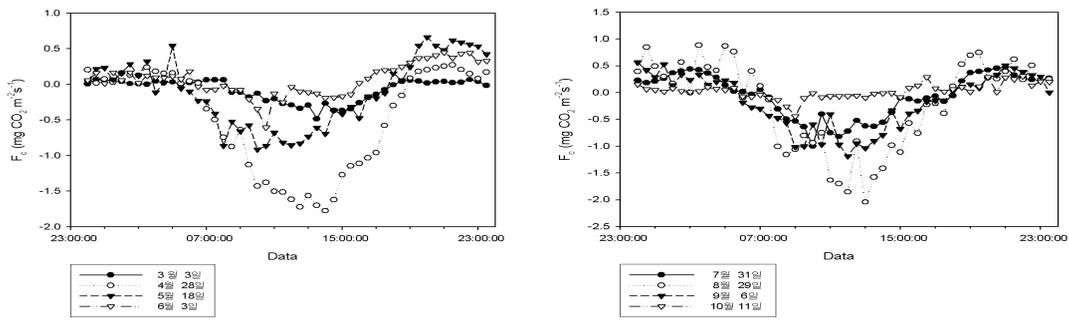


Fig. 1. 벼-보리 재배기간의 CO₂ 플럭스의 주요 생육단계별 일변화
(왼쪽그림 : 보리 재배기간, 오른쪽그림 : 벼 재배기간)

3.2. 논 생태계의 토양호흡량 변화

Fig. 2는 벼 재배기간의 토양호흡량의 일변화를 보여주고 있다. 이앙기 직후부터 중간 낙수까지 매우 낮은 토양 호흡 속도를 보이거나 중간낙수로 인한 수위 저하로 급격한 증가 추세를 보이다가 재 급수가 이루어짐으로서 원래의 토양호흡 속도로 감소됨을 보였다. 9월 중순 최종 낙수이후 빠르게 진행되는 토양의 건조화와 고온으로 인하여 토양 호흡도 급격히 증가하였으며, 그 이후 저온현상으로 토양 호흡이 급격하게 감소하였다.

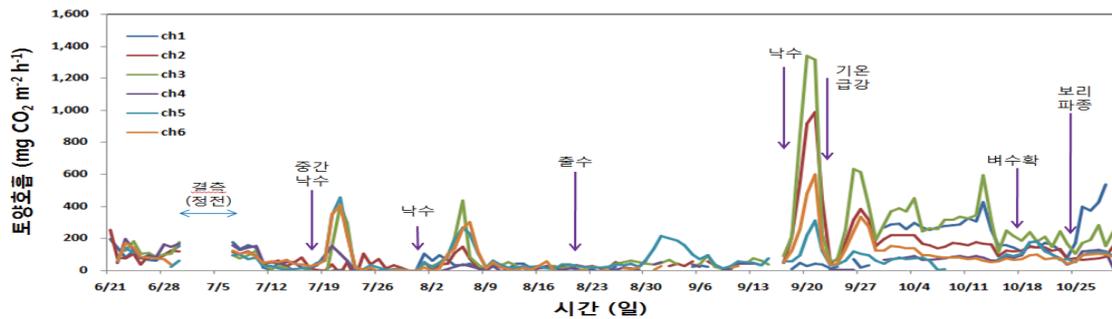


Fig. 2. 벼 재배기간의 토양호흡량의 일변화

인용문헌

Campbell, C. S., J. L. Heilman, K. J. McInnes, L. T. Wilson, J. C. Medley, G. Wu, and D. R. Cobos, 2001: Diel and seasonal variation in CO₂ flux of irrigated rice. *Agricultural and Forest Meteorology* **108**, 15-27.

Saito, M., A. Miyata, H. Nagai, and T. Yamada, 2005: Seasonal variation of carbon dioxide exchange in rice paddy field in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology* **135**, 93-109.