

작부체계에 따른 논 생태계의 CO₂ 플럭스 변화
민성현*, 심교문, 황해, 김용석, 정명표, 김민석, 김석철
국립농업과학원 기후변화생태과

Seasonal Variation of CO₂ Flux at a Paddy Field by Cropping System

S. H. Min*, K. M. Shim, H. Hwang, Y. S. Kim, M. P. Jung, M. S. Kim, and Y. S. Kim
Climate Change & Agroecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA
(Correspondence: kmshim@korea.kr)

1. 서 언

산업혁명 이후 화석연료 연소, 토지이용 변화, 산림벌채, 집약농업 등으로 대기 중의 온실가스 농도는 급격히 증가하고 있다. 2005년을 기준으로, 전 세계 농업분야의 온실가스 배출량은 5.1~6.1 GtCO₂-eq으로 인간 활동에 의해 배출된 전체 온실가스의 10~12% 차지하고 있다. 그 동안 추진되었던 농업분야의 온실가스 저감 연구는 주로 탄소 배출을 줄이고 토양탄소의 저장을 늘이는 방향으로 추진되었다. 반면에, 온실가스 저감을 검증하기 위한 농경지 생태계의 탄소수지 연구는 아주 미흡하다.

에디공분산법으로 논 생태계에서 CO₂ 플럭스를 측정할 시기는 1980년대에 고속 반응의 적외선 CO₂ 분석기가 개발된 이후인데, 아시아 국가는 초창기의 일본 중심에서 2000년대 중.후반부터의 중국, 방글라데시, 필리핀, 대만 등으로 플럭스 관측이 확대되어, 관개와 담수 혹은 호기성의 벼논 생태계에서의 계절적 혹은 연간 CO₂ 플럭스의 변화량을 보고하고 있다. 국내에서도 벼 단작의 논 생태계를 대상으로 CO₂와 에너지의 교환량을 관측하여 보고하였으나, 일본, 중국 등 아시아의 다른 국가보다는 연구 빈도와 연구결과가 다소 미흡하다. 따라서 본 연구는 전북 김제시 부량면 일대에 설치한 농경지 플럭스 장기관측시스템을 소개하고, 벼-보리 이모작 작부체계의 논 생태계와 벼 단작 작부체계의 논 생태계의 CO₂ 플럭스의 계절적 변화를 비교.평가하여, 작부체계별 논 생태계의 CO₂ 흡수 잠재량을 산출하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구지역

전라북도 김제시 부량면 신용리 일대의 벼-보리 이모작 작부체계와 벼 단작 작부체계를 적용하고 있는 논 생태계를 대상으로, 2011년과 2012년에 플럭스 장기관측시스템을 각각 구축하였다. 2곳의 플럭스 장기관측시스템은 직선으로 약 1.2km 떨어져 있고, 지형은 평평하고 균질하며 토양은 물 빠짐이 좋은 미사질양토의 전복토이다.

2.2. 미기상학적 방식의 플럭스 측정 및 보정

대기 중의 CO₂와 H₂O는 개방형 CO₂/H₂O 적외선 가스분석기[LI-7500(벼-보리 이모작), EC-150(벼 단작)]로, 대기 중의 풍속과 온도는 3차원 초음파 풍속계(CSAT3)로 초당 10회(10Hz)씩 측정하였고, 이들 데이터(풍속, 바람에 수송된 대기 중의 CO₂농도·H₂O농도·온도)의 30분 평균에 대한 편차를 공분산하여 30분 평균 물리량 플럭스를 계산하였다.

10Hz의 물리량 플럭스 원본자료와 30분 플럭스 평균자료는 자료 집록기에 저장되며, CDMA 통신 모뎀을 이용하여 30분 평균자료를 실시간으로 수집했다. 또한 2주 간격으로 현장에서 메모리카드를 교체하는 방식으로 10Hz 플럭스 원본자료를 수집하였다.

미기상학적 에디공분산법으로 측정 및 계산된 30분 평균 플럭스자료는 Koflux의 표준화 프로그램에 따라 보정 과정을 수행하였다. 평면 맞추기 회전(PFR; planar fit rotation)과 밀도변동 보정을 수행하였으며, 불확실성을 감소시키기 위해서 FLUXNET의 표준 방법인 연속된 3개의 관측 값의 차이를 이용한 튀는 자료 찾기 방법을 이용하였다. 결측보충(gap filling) 과정으로는 FLUXNET의 표준화 방법인 수정된 색인 목록 방법을 이용하였다.

3. 결 과

벼-보리 이모작 작부체계를 적용한 논 생태계에서 보리작물의 재배기간과 벼 작물의 재배기간 동안의 CO₂ 플럭스의 일별 변화는 Fig.1 과 같다. 벼-보리 이모작 작부체계에서는 보리작물의 재배기간 동안에는 단위면적당(m²) 100.6g의 탄소가 대기에서 논 생태계로 흡수되었고, 벼 작물의 재배기간 동안에는 m²당 349.5g의 탄소가 흡수되어서, 보리작물의 재배기간 보다는 벼 작물의 재배기간에 m²당 248.9g의 탄소가 더 많이 흡수되는 것으로 분석되었다.

벼 단작 작부체계를 적용한 논 생태계에서 겨울 휴경과 벼 작물의 재배기간 동안의

CO₂ 플럭스의 일별 변화는 Fig. 2와 같다. 벼 단작 작부체계에서는 벼 작물의 재배 이전인 휴경기간에는 m²당 197.4g의 탄소가 논 생태계에서 대기 중으로 방출되었지만, 벼 작물의 재배기간 동안에는 m²당 594.3g의 탄소가 논 생태계로 흡수되는 것으로 분석되었다.

종합적으로, 벼-보리 이모작 작부체계의 논 생태계에서는 연간 m²당 450.1g의 탄소가 흡수되고, 벼 단작 작부체계의 논 생태계에서는 연간 m²당 396.9g의 탄소가 흡수되어서, 벼 단작 작부체계보다는 벼-보리 이모작 작부체계에서 연간 m²당 53.2g의 탄소가 더 흡수되는 것으로 평가되었다(Table 1).

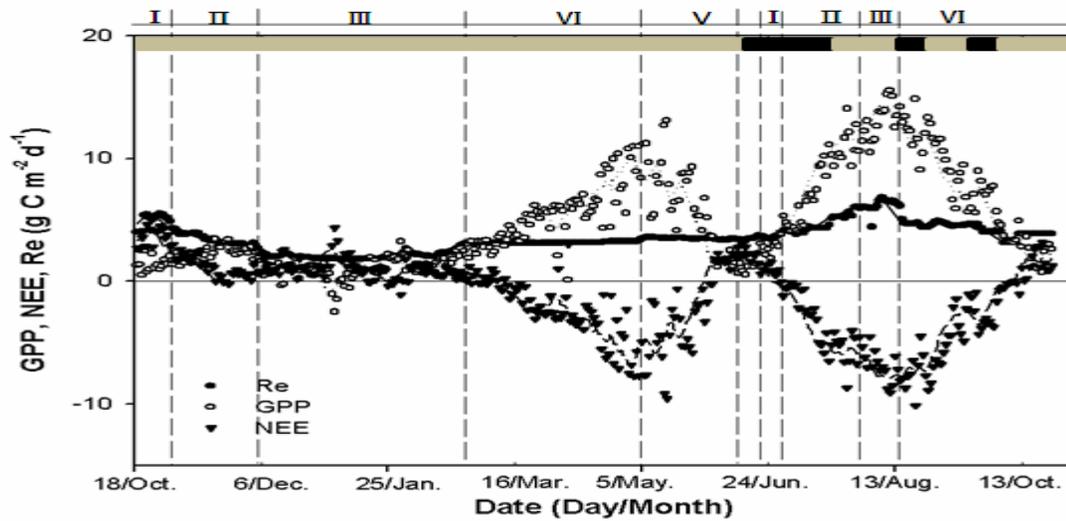


Fig. 1. 벼-보리 이모작 작부체계의 논 생태계에서 CO₂ 플럭스의 일변화

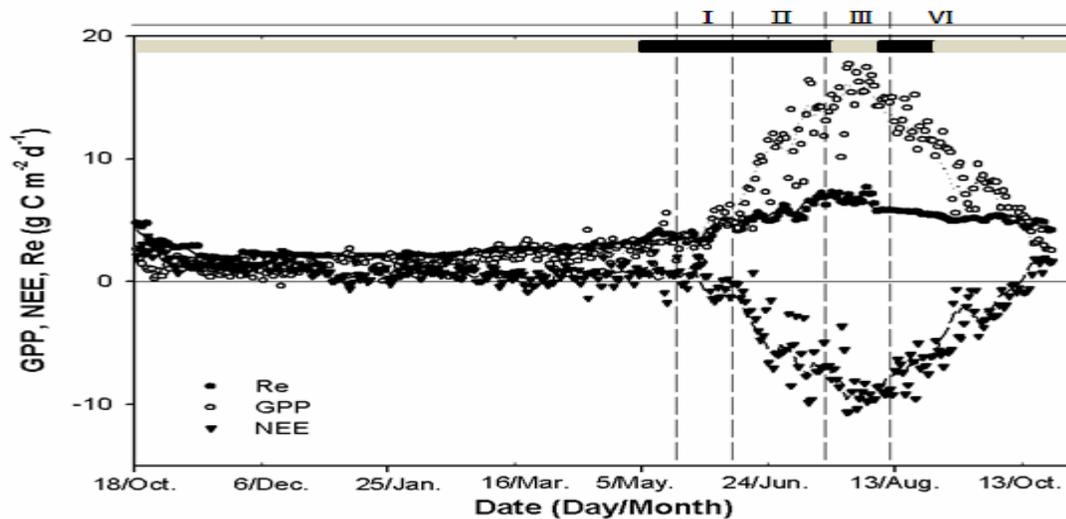


Fig. 2. 벼 단작 작부체계의 논 생태계에서 CO₂ 플럭스의 일변화

Table 1. 작부체계에 따른 재배기간별 CO₂ 플럭스 변화

작부체계	기간	Re (생태계 호흡량)		GPP (총일차생산량)		NEE (순생태계 교환량)	
		일평균 (g C m ² d ⁻¹)	기간합계 (g C m ²)	일평균 (g C m ² d ⁻¹)	기간합계 (g C m ²)	일평균 (g C m ² d ⁻¹)	기간합계 (g C m ²)
벼-보리 이모작	보리재배	2.95	682.5	3.39	782.7	-0.44	-100.6
	벼 재배	4.43	558.3	7.02	947.8	-2.59	-349.5
	총 기간	3.49	1280.8	4.71	1730.5	-1.23	-450.1
벼 단작	휴 경	2.57	558.6	1.66	361.1	0.91	197.4
	벼 재배	5.35	776.1	9.45	1370.4	-4.10	-594.3
	총 기간	3.69	1334.7	4.80	1731.5	-1.10	-396.9

사 사

본 논문은 농촌진흥청 국립농업과학원 연구개발사업(과제번호 : PJ90722802)의 지원에 의해 이루어진 것임

인용문헌

- Bhattacharyya, P., S. Neogi, K. S. Roy, and K. S. Rao, 2013: Gross primary production, ecosystem respiration and net ecosystem exchange in Asian rice paddy; an eddy covariance-based approach. *Current science* **104**(1), 67-75.
- Moon, B. K., J. K. Hong, B. R. Lee, J. I. Yun, E. W. Park, and J. Kim, 2003: CO₂ and energy exchange in a rice paddy for the growing season of 2002 in Hari, Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **5**(2), 51-60.
- Webb, E. K., G. I. Pearman, and R. Leuning, 1980: Correction of flux measurements for density effects due to heat and water vapor transfer. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology society* **106**(447), 85-100.