

사과재배지에서 CO₂와 에너지플럭스 연 변화

심교문*, 김홍현, 이양수, 신용광, 김건엽, 이정택
농업과학기술원 환경생태과

Annual variation of carbon dioxide and energy fluxes in apple cultivation zone

K. M. Shim*, H. H. Kim, Y. S. Lee, Y. K. Shin, K. Y. Kim, and J. T. Lee

Environment and Ecology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology

(Correspondence: kmshim@rda.go.kr)

1. 서 언

대기 중 CO₂ 농도는 토지이용 방법과 화석연료 사용의 변화에 따라서 달라진다. 최근 화석연료의 과다사용과 급속한 도시지역의 확대 및 산림과 농경지의 잠식에 수반되는 생태계의 식생피복 변화로 대기 중 이산화탄소는 계속 증가하고 있다. 기후변화를 막기 위해서는 인위적인 CO₂ 방출을 줄이고, 생태계 내에서 이산화탄소 축적과 제거시키려는 국가간 공감대가 형성되어야 하고, 더 나아가서 이산화탄소 등 온실가스의 발생저감에 노력을 경주하여야 한다. 육상생태계는 탄소의 강력한 흡수원(sink)이며, 그 중 산림의 역할이 크게 강조되어 왔다. 반면에 일년생 작물을 위주로 하는 농업생태계는 인간이 대부분의 수확물을 이용한다는 관점에서 탄소축적에 크게 기여하지 않는 것으로 고려되어 왔다. 그렇지만 사과 등 과수는 산림과 마찬가지로 한 장소에서 수십 년 이상 뿌리를 뺀고 성장하면서 대기 중의 CO₂를 고정하여 인간활동에 의해서 발생하는 이산화탄소의 농도를 줄이는 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다.

지금까지 많은 과학자들은 지표면의 에너지 교환을 연구하기 위하여 노력을 기울여 왔다. 1960년대와 1970년에는 전통적 미기상학적 방법인 보엔비법을 사용하여 벼논에서 이산화탄소 플럭스 연구를 했으며(Cho, 1972; Uchijima, 1976), 1980년에는 초고속측정이 가능한 CO₂/H₂O 센서가 개발되면서 에디공분산법을 채택하였다(Ohtaki and Matsui, 1982; Ohtaki, 1984). 와상관법은 생태계의 파괴 없이 이산화탄소 등을 물질플럭스로 관측할 수 있는 첨단 계측기술이다. 빠르게 변화는 대기 중 이산화탄소의 흡수원과 발생원의 강도, 공간분포 및 탄소순환을 이해하는데 중요한 역할을 하고 있다. 전 지구적인 탄소순환의 역할을 이해하기 위해서는 장기적인 CO₂ 교환의 정량화뿐만 아니라 이들 교환이 환경에 미치는 기작을 이해할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 주요 농업생태계인 사과재배지에서 CO₂와 에너지 교환의 연 변화를 비파괴적인 방법으로 정량화하고 분석 및 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 측정 장소

CO₂/H₂O 등 물질플럭스 측정은 경상북도 의성군 옥산면 구성리 사과재배지(36°23' 18.89068" N, 128°49' 44.60301" E, 240.865m)에서 2004년 6월 20일부터 수행하였다. 이 지점은 평탄하고, 사과가 균일하게 재배되는 곳으로 주 풍향으로 약 1km의 취주거리(fetch)를 확보하고 있다. 따라서 우리나라 사과재배 주산지의 지형조건을 고려할 때(동상해 등 기상재해를 피하기 위해 평지보다는 구릉지 혹은 경사지), 비록 부족하지만 과수의 CO₂ 플럭스를 미기상학적인 에디공분산법을 적용할 수 있는 유일한 장소로 판단되어 본 연구에서 조사장소로 선택하였다.

2.2 미기상 관측 및 엽면적지수 측정

에디공분산법에 의해 CO₂, H₂O, 현열, 잠열 플럭스를 측정하였다. 풍속/기온과 CO₂/H₂O 밀도의 변동을 측정하기 위해 삼차원 음파풍속계(CSAT 3, Campbell Science Inc., USA)와 개방형 적외선 가스분석기(CS-7500, LI-Cor, USA)를 10미터 관측타워의 8미터 높이에 설치하였고, 광환경을 조사하기 위해 순복사계(CNR 1, Kipp & Zone, Holland)를 11미터 높이에 설치하였다. 그리고 조사지점에 우량계, 온습도계, 토양온도계, 풍향/속계, 지중열류계 등을 설치하여 중간기상을 관측하였다. 에디공분산법에 의해 측정된 플럭스자료는 초당 10회 측정값과 이들의 10분 평균값을 자료집록기(CR5000, Campbell Science Inc., USA)에 기록하였고, 그 밖의 미기상 자료수집은 자료집록기(CR10X, Campbell Science Inc., USA)에 1분 간격으로 측정된 값을 30분 평균값으로 기록하였으며, 2주 간격으로 자료를 수집하였다. 사과재배지의 엽면적지수(LAI; Leaf Area Index)의 연 변화는 엽면적측정기(LAI-2000, LI-Cor, USA)를 사용하여 2주 간격으로 측정하였다.

3. 결과

<그림 1>에는 과수재배지의 순복사량(R_n)과 잠열(LE) + 현열(H) + 지중열류량(G) 사이의 관계를 나타내었다. 각각의 값은 매월별 값을 평균한 값이다. 이의 결과 값은 기울기가 1에 매우 가까운 상태를 보여주었다. 그리고 이들의 값은 양의 방향으로 약 0.64 MJ m⁻²의 절편을 가졌다.

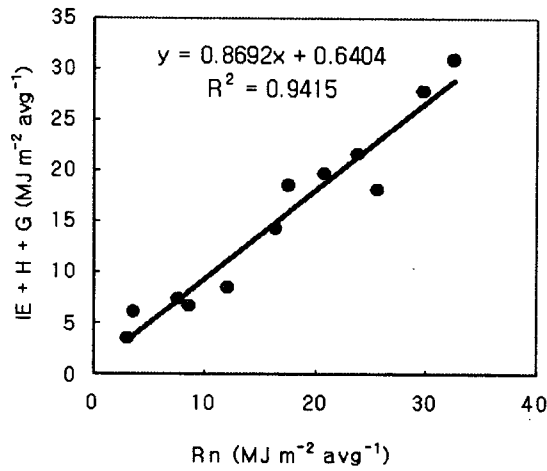


Fig. 1. Monthly energy balance (each month has been normalized averages of months), *Rn*: net radiation, *IE*: latent heat flux, *H*: sensible heat flux, *G*: soil heat storage.

<그림 2>는 과수재배지의 *Rn*, *IE*, *H*, 그리고 *G*의 매달 평균한 값의 1년간의 변화를 보여주고 있다. 이곳의 경우, *Rn*과 *IE*는 2월을 지나면서 점점 증가하기 시작하다가 6월에는 가장 높게 나타났다. 그리고는 12월이 될 때까지 계속해서 감소하였으며, 12월에 가장 낮은 상태를 보였다. *H*의 경우는 7, 8월에 가장 낮게 나타났으며 8월부터 이듬해 3월까지 완만한 증가를 보였다. 그 후 7월까지 서서히 감소하였다. 특히 12월에서 1월 사이에는 현열이 가장 높게 나타났으며, 이 기간 동안에는 순복사량이 대부분 현열로 발생됨을 보였다. 지중열류량(*G*)은 8월부터 완만하게 감소하다 이듬해 2월부터 증가하기 시작하였으며 3월부터는 일정한 상태를 유지하였다.

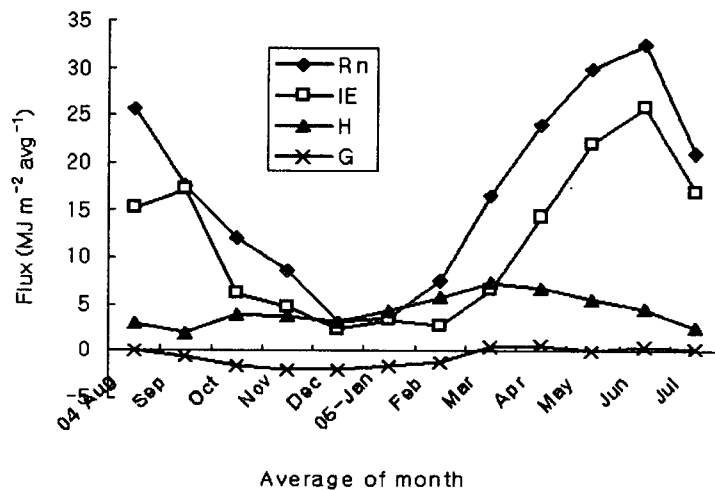


Fig. 2. One year time variations in the monthly components of the energy balance. *Rn*: net radiation, *IE*: latent heat flux, *H*: sensible heat flux, *G*: soil heat storage.

<그림 3>에는 CO₂ 플럭스의 연 변화를 나타내었다. 이산화탄소의 흡수는 12월부터 이

듬해 4월까지 일정하다가 이후, 서서히 증가하기 시작하였다. 잎이 본격적으로 광합성을 하기 시작하는 6월부터 과일을 수확하는 시기인 9월까지의 이산화탄소의 흡수가 가장 활발한 상태를 보였다.

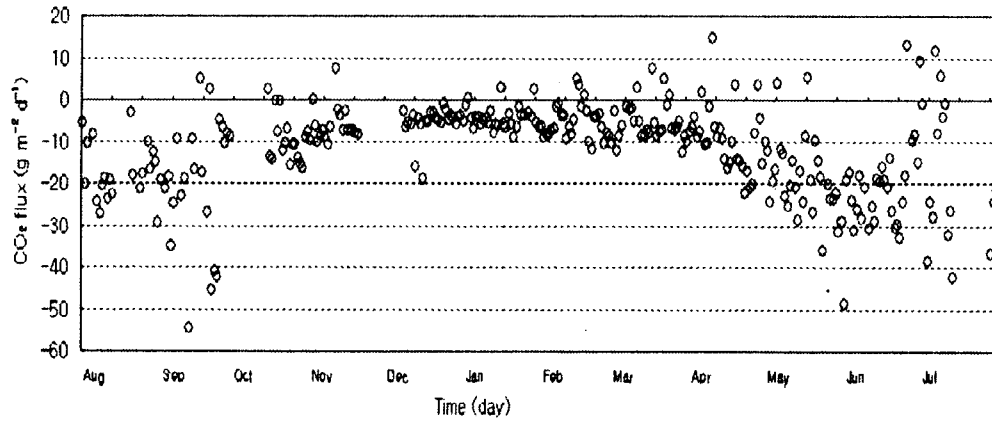


Fig. 3. One year time variations in daily CO₂ flux.

인용문헌

Cho, H. K., 1972: A statistical study on evapotranspiration of paddy-field. *Journal of Korean Meteorological Society* 5, 1-8.

Ohtaki, E., 1984: Application of an infrared carbon dioxide and humidity instrument to studies of turbulent transport. *Boundary Layer Meteorology* 29, 85-107.

Ohtaki, E. and T. Matsui, 1982: Infrared device for simultaneous measurement of atmospheric carbon dioxide and water vapor. *Boundary Layer Meteorology* 24, 109-119.

Uchijima, Z., 1976: Maize and rice. *Vegetation and the Atmosphere* 2, J. L. Monteith (Eds.), 33-64.