

에너지 수지식을 이용한 식물잎의 광합성 - 증산속도 예측모형

기상연구소 미기상연구실

윤 진 일

A Leaf Photosynthesis-Transpiration Model Based On An Energy Balance Equation

Micrometeorology Laboratory
Meteorological Research Institute

JIN-U YUN

식물잎의 광합성과 증산작용은 일주변의 미기상조건과 밀접한 관계를 갖는다. 미기상 요인들은 잎의 주요 생리화학 반응속도와 내부 수증기압에 절대적인 영향을 미치는 일의 온도를 결정하므로 일 - 대기 모델의 성과를 위해서는 에너지 수지식의 이용이 필수적이다. 본 연구는 잎의 크기, 모양, 두께 등을 고려한 에너지 수지식과, 임육세포의 기하학적 형태를 고려한 광합성 모델을 결합함으로써, 다양한 기상환경에서 잎이 어떤 형태의 광합성 및 증산반응을 나타낼 것인지 예측하기 위해 수행하였다.

모델을 구성하는 에너지 수지식은 기온, 복사량, 풍속, 상대습도 등 환경요소와 기공의 수증기 확산 저항, 일정대 특성지수, 잎의 두께 등 생물요소를 이용하여 일온과 증산속도를 계산한다. 계산된 일온에서 일의 광합성속도가 결정되는데 단위 면적당 조합된 임육세포의 세적과 표면적은 각각 광합성과정의 생화학적 반응능력과 물리학적 기제 교환 능력을 대표하도록 규정하였다. 이 모델의 검증을 위해 두종의 C식물을 제이판경내에서 동절기의 광합성속도를 단기적인 처리를 통해 서로 다른 잎의 두께 및 크기로 생육시켰다. 자연광 조건에서 이들의 제3 및 4엽에 대해 이산화탄소와 수증기 교환을 측정하였다. 실험환경은 자료집에 정한 조건에 의해 계속 감시하였으며 잎의 해부학적 형태는 광학현미경을 이용한 Stereological Morphometry에 의해 주장하였다. 얻어진 환경 및 생물자료를 모델에 입력하여 계산된 결과를 실증 기체교환 속도와 비교하였다.

모델 예측치는 낮은 조도($150\text{--}250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD)에서 높은 조도($1000\text{--}1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD)에 이르기까지 일측면의 변화 경향을 잘 나타내었다. 모델의 예측에 의한 조도에 대한 증산속도는 잎의 두께와 무관하다 광합성 속도는 잎의 두께를 증가한다. 따라서 대부분의 환경조건에서 두꺼운 잎은 수분 이용 효율에서 많은 일보다 우월한 것으로 판단된다.

Figure captions

1. Schematic diagram of the model structure.
2. Photosynthetic response surface as influenced by leaf thickness under full range of natural PAR. Generated by the model incorporating a combination of environmental and biological parameters ($Q_{abs} = 1500\text{W/m}^2$, $RH = 50\%$, $V = 1.0\text{m/s}$, $TA = 30^\circ\text{C}$, and $Rs = 100\text{s/m}$). Line PP' indicates light response of apparent photosynthesis for leaves with normal thickness. Leaf temperature was calculated to be 30°C under this condition and was assumed to be constant regardless of PAR levels, though this seldom occurs in the nature.
3. Computed apparent photosynthesis and transpiration rates for leaves of low to moderate resistance to the diffusion of water under high($1000\text{--}1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, —) and low($150\text{--}250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ○) PAR. Numbers indicate stomatal resistance to watervapor diffusion in s/m . Points represent observations, under the environmental conditions modeled, for plants grown under low(◐), moderate(◑), and high(●) light.

