

사시나무의 내건성 및 광합성 관련 기구의 변화

오창영*, 한심희, 김용울, 이재천
국립산림과학원 산림유전자원부

Changes in photosynthetic apparatus and drought tolerance of *Populus davidiana*

Chang-Young Oh*, Sim-Hee Han, Yong-Yul Kim, and Jae-Cheon Lee

Dept. of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

1. 서론

식물은 여러 가지 환경 스트레스를 받으며 성장한다. 이러한 스트레스는 생물적인 요인과 무생물적인 요인으로 구분될 수 있는데, 건조, 동해, 염해는 무생물적인 스트레스 요인 중에서 식물 성장 및 생산성에 심각한 영향을 미치는 요인이며, 건조 및 염분 피해는 근계의 수분포텐셜을 감소시켜 식물의 수분 흡수에 영향을 준다. 식물은 수분 부족에 대응하기 위한 여러 가지 기작을 갖고 있으며, 이러한 능력은 식물의 양적 형질로써 여러 기작의 상호작용에 의하여 수분 부족에 대한 내건성을 나타낸다. 사막화에 의한 환경문제가 심각해지면서 내건성에 대한 내성 기작의 생리·생화학적인 또는 유전적인 구명과 내성 능력이 높은 수종 및 품종 개발을 위한 연구가 전 세계적으로 이루어지고 있다.

본 연구는 내건성 기작을 구명하기 위한 연구의 일환으로 국내 사시나무 클론을 대상으로 건조 피해에 대한 광합성 관련 기구의 생리적인 변화를 조사하고 건조에 대한 내성 클론과 민감성 클론을 선발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시 수종

대전 유성 지역에 식재되어 있는 사시나무 클론 중에서 안정성분석에 의해 전국에서 생장이 좋은 클론과 좋지 않은 클론 등 13클론을 선발하여, 뿌리를 채취하여 삼목묘를 만들어 실험에 사용하였다. 각 클론별 삼수를 채취하여 묘판에서 발근 시킨 후 화분(H 20cm × W 15cm)에 옮겨 심어 활착시킨 뒤 실험에 사용하였다.

2.2. 광합성 관련 기구 변화 조사

토양 수분포텐셜 변화에 따른 광합성 관련 기구의 생리적인 변화를 조사하기 위하여 생장이 균일한 개체 중에서 무작위로 선택하여 각 처리구 별로 3 개체씩 구분하였다. 건조 처리는 polyethylene glycol (PEG)의 농도를 무처리(0%)와 처리구(2%, 5%, 10%)로 구분하여 300ml씩 주 1회 관수를 하였으며, 4주 후 생리적 변화를 측정하였다. Li-6400 광합성 측정기(LI-COR Inc., USA)를 이용하여 광합성, 기공전도도, 증산속도를 측정하였다. 광합성 측정 시 light source의 광량을 조절하여 광합성을 측정하여 광-광합성 곡선을 이용하여 광화확효율을 계산하였으며; 잎에 공급되는 CO₂의 농도를 변화시켜 엽육내 CO₂의

농도를 변하게 하여 광합성을 측정하여 탄소고정효율을 계산하였다. OS5-FL modulated fluorometer (OPTI-SCIENCE, USA)를 이용하여 광적응 상태에서의 양자수율(quantum yield of PS II photochemistry, (FM'-Fs)/FM')을 측정하였고, 간이 수분포텐셜 측정기(WP4, Decagon, USA)를 이용하여 각 처리구별 토양 수분포텐셜을 조사하였다.

2.3. 클론 간 내건성 비교 및 선발

활착시킨 각 클론별로 생장이 균일한 10개체를 선발하여 5개체씩 대조구와 처리구로 구분하였다. 처리구는 PEG 10%, 300ml를 처리한 후 지속적으로 건조 시켰으며, 대조구는 토양이 건조하지 않게 토양 상태에 따라서 관수를 하였다. 처리 기간 동안 각 개체별로 건조에 의한 피해를 등급화(0, 0~10%; 1, 10~30%; 2, 30~50%; 3, 50~70%; 4, 70~90%; 5, 90~100%)하여 상태 변화가 나타날 때 일자를 기록하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 광합성 관련 기구

Fig. 1은 광합성과 기공전도도, 증산속도를 나타낸 것이다. 광합성은 2%처리에는 대조구에 비하여 큰 감소를 보이지 않았다. 반면 5% 처리구는 대조구의 78% 수준으로 감소하였으며, 10% 처리구는 대조구의 45%로 매우 많은 감소를 보였다. 기공전도도는 2% 처리구는 대조구의 73%를 나타냈으며, 5%와 10% 처리구는 35%와 11%의 수준으로 나타났다. 증산속도는 2% 처리수준은 대조구와 차이가 없는 것으로 나타났으며, 5%와 10% 처리구는 각각 대조구의 49%, 18%로 나타났다. PEG 2% 처리구의 경우 광합성이나 증산속도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났지만, 기공은 매우 민감하게 반응한 것으로 나타났다. 대조구의 토양 수분포텐셜은 0MPa으로 나타났으며, 2%, 5%, 10% 처리구는 각각 -0.04, -0.98, -2.61MPa으로 나타났다. 일반적으로 토양 수분포텐셜이 -0.2~-0.3MPa 이하로 떨어지면 식물 생장에 저해를 받는 것으로 알려져 있는데, PEG 2% 처리구에서는 광합성 및 증산속도에서는 큰 변화가 나타나지 않았지만 기공이 민감하게 반응한 것으로 나타나 뿌리가 매우 민감한 sensor로 작용하는 것으로 판단된다.

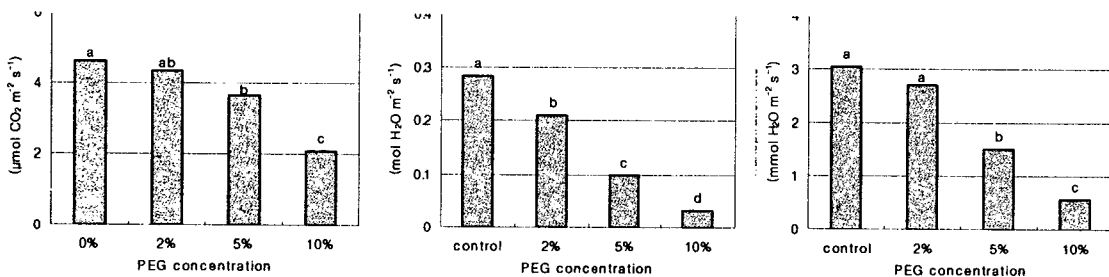


Fig. 1. Photosynthetic rate, stomatal conductance, and transpiration rate of *P. davidiana* treated with 0, 2, 5, and 10% PEG.

Fig. 2는 탄소고정효율과 광화학효율을 나타낸 그림이다. 탄소고정효율은 처리구간에

차이가 나타나지 않았다. 하지만 광화학효율은 광합성과 증산속도와 유사하게 나타나 PEG 2% 처리구는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으며, 5% 처리구는 대조구의 78%, 10% 처리구는 대조구의 56%로 나타났다. 건조 피해는 식물 종에 따라서 광화학계와 탄소고정계 간의 피해 양상이 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 사시나무는 건조 스트레스에 의해서 광화학계가 피해를 받는 것으로 나타났다.

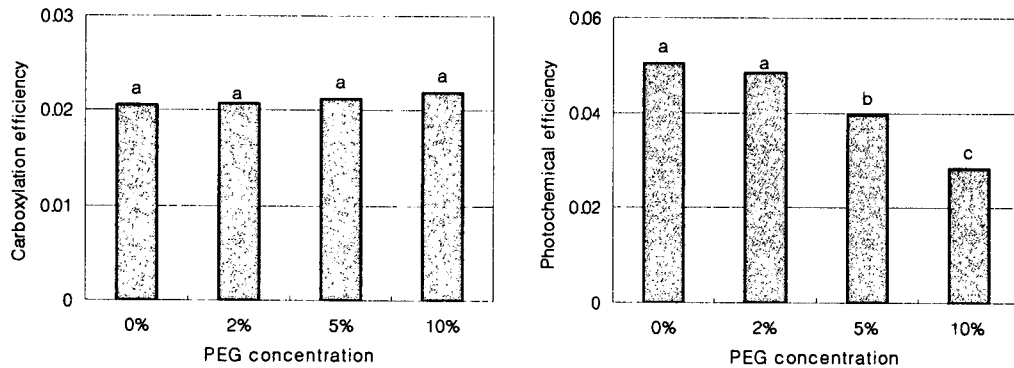


Fig. 2. Carboxylation efficiency and photochemical efficiency of *P. davidiana* treated with 0, 2, 5, and 10% PEG.

Fig. 3은 PS II의 양자수율을 나타낸 그래프이다. PEG 2% 처리구에서는 대조구와 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 5% 처리구와 10% 처리구에서는 농도 증가에 따라서 양자수율이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 양자수율의 감소는 광합성 전자전달계 과정에서 PS II에서의 photochemical quenching (qP)의 감소 혹은 open PS II reaction center에서의 효율 저하에 의하여 나타난 것으로 판단된다.

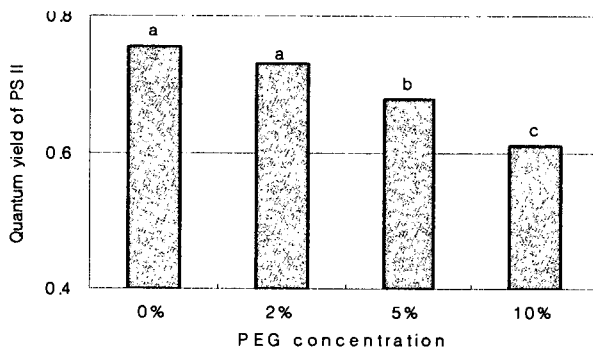


Fig. 3. Quantum yield of PS II photochemistry of *P. davidiana* treated with 0, 2, 5, and 10% PEG.

3.2. 클론 간 내건성 비교 및 선발

Fig. 4는 PEG 10% 처리 후 각 클론별 피해를 50%가 넘는 기간을 나타낸 것이다. 방동1번 클론은 처리 후 20일 이전에 50% 이상의 피해가 나타났으며, 중국 6, 팔공 2, 팔공

3번 클론은 30일 이전에 50% 이상의 피해를 보여 건조에 대하여 상대적으로 민감한 클론으로 판단된다. 반면에 쌍전 9, 태백 1, 대현 9번 클론은 40일 이상 지난 후에 50% 이상의 피해가 나타나 다른 클론에 비하여 건조에 대한 내성이 큰 것으로 판단된다.

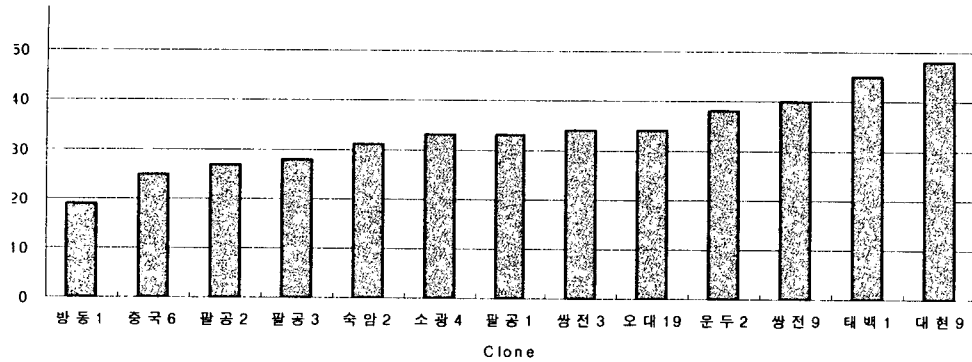


Fig. 4. The period that wilting ratio by 50% after 10% of PEG treatment.

Fig. 5는 대조구와 PEG 10% 처리구의 상대수고생장율과 상대 근원경생장율을 나타낸 것이다. 수고생장의 경우 대조구에서는 시간이 지남에 따라서 성장속도의 감소는 나타났지만 지속적으로 성장하였지만, 처리구에서는 처리 후 4주 뒤 생장이 멈추었다. 근원경생장의 경우에는 처리 기간동안 대조구와 처리구 모두 지속적으로 성장하였지만, 전체적으로 처리구가 낮은 값으로 나타났다. 건조 스트레스에 따라서 사시나무의 에너지 분배에서 수고 성장을 위해서는 에너지를 사용하지 않으며, 지속적인 근원경 생장이 나타나 지하부 성장에 에너지 투자가 큰 것으로 판단된다.

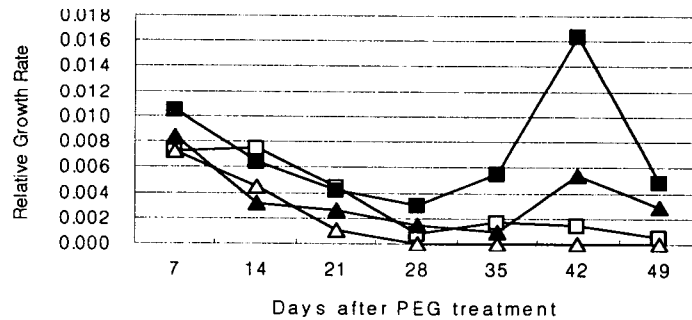


Fig. 5. Relative height growth rate and relative root diameter growth rate of *P. davidiana*. Closed square: control, root diameter; Open square: control, height; Closed triangle: treatment, root diameter; Open triangle: treatment, height.