森林科學硏究 第19號 : 18~24, 2003
J. For. Sci., Kangwon Nat'l Univ., No. 19 : 18~24, 2003

가시오갈피의 생리 · 생태적 특성(I)

-산지별 순광합성, 기공증산, 기공전도도-

한상섭[1] · 권정중[1] · 이갑연[2] · 허성두[2] · 김하선[3] · 김종원[3]

The Ecophysiological Characteristics of *Acanthopanax senticosus* of Leaves(I)

-Net Photosynthetic Rates, Stomatal Transpirations, Stomatal Conductances of Leaves-

Sang-Sup Han[1], Jeong-Jung Kwon[1], Kab-Yeon Lee[2], Sung-Du Hur[2], Ha-Sun Kim[3] and Jong-Won Kim[3]

요 약

이 연구는 가시오갈피 엽의 생리적 특성을 밝히고자 광합성, 기공증산, 기공전도도의 생리반응을 측정한 것으로 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 광보상점은 양엽이 약 30 μmol m^{-2} s^{-1}, 음엽이 약 15 μmol m^{-2} s^{-1} 이었다.
2. 광포화점은 양엽이 약 1,000 μmol m^{-2} s^{-1}, 음엽이 약 300 μmol m^{-2} s^{-1} 이었다.
3. 우리나라 및 중국산 가시오갈피 상엽의 순광합성속도는 약 8.0-8.8 μmol m^{-2} s^{-1} 로 산지간에 유의차가 인정되지 않았다. 제주산 섬가시오갈피 상엽은 약 6.9 μmol m^{-2} s^{-1} 로 다소 낮았다.
4. 모든 산지에서 중위엽의 순광합성속도는 상엽의 40-65%, 하위엽은 상엽의 30% 정도이었다. 그러나 섬가시오갈피 하엽은 상엽의 약 71%로 다소 높았다.
5. 상엽의 기공증산속도는 1.1-1.4 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}, 중위엽은 0.7-1.0 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}, 하위엽은 0.5-0.6 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}로 산지별로 유의차가 없었다.
6. 기공전도도는 상엽이 약 70-90 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}로 산지별 유의차가 인정되지 않았다. 그러나 제주 섬가시오갈피 상엽은 약 380 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}로 타산지보다 현저히 높았다.

ABSTRACT

This study was made on the physiological reactions of photosynthesis, stomatal transpiration, stomatal conductance of *Acanthopanax senticosus* of leaves.

The results obtained are as follows :

1. The light compensation points were approximately 30 μmol m^{-2} s^{-1} in sun leaves and 15 μmol m^{-2} s^{-1} in shade leaves.

1) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 : Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.
2) 임업연구원 : Forestry Research Institute, Korea.
3) 강원도 산림개발연구원 : Forest Research Institute of Kangwon province, Chunchon 200-140, Korea.

2. The light saturation points were approximately 1,000 μmol m^{-2} s^{-1} in sun leaves and 300 μmol m^{-2} s^{-1} in shade leaves.
3. There was no significant between various mountains distributed, net photosynthetic rates were approximately 8.0 to 8.8 μmol m^{-2} s^{-1} in upper leaves. However, net photosynthetic rate in upper leaves of *Acanthopanax koreanum* in Jeju island was slightly low about 6.9 μmol m^{-2} s^{-1}.
4. Net photosynthetic rate in middle leaves of all mountains was ranged from 40% to 65% of upper leaves, and that in lower leaves was approximately 30% of upper leaves. But the net photosynthesis in lower leaves of *Acanthopanax koreanum* in Jeju island was slightly high about 71% of upper leaves.
5. There was no significant between various mountains distributed, stomatal transpirations were ranged from 1.1 to 1.4 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} in upper leaves, 0.7 to 1.0 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} in middle leaves, and 0.5 to 0.6 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} in lower leaves, respectively.
6. There was no significant between various mountains distributed, the stomatal conductance in upper leaves was ranged from 70 to 90 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}. However, stomatal conductance in upper leaves of *Acanthopanax koreanum* in Jeju island was approximately 380 mmol H_2O $m^{-2}s^{-1}$, its remarkedly higher than any other mountain.

Ⅰ. 서 론

가시오갈피(*Acanthopanax senticosus*)는 오갈피과에 속하는 다년생 낙엽관목으로 인삼과 같은 약리효과가 있다고 하여 일명 시베리아 인삼이라 부른다. 우리나라에는 설악산, 치악산, 오대산, 발왕산, 태백산, 지리산 등 해발 900m 전후의 고산계곡에 분포하며, 일본, 중국, 러시아등에도 분포하는 한랭지 식물이다(박등, 1995,1996, 한등 2000; 황등, 1970).

가시오갈피는 新農本草經(김등, 1996)의 상품에 기재된 약재수종이며, 주로 강장, 신경통, 중풍, 이뇨, 식욕촉진, 고혈압, 피로회복제 등으로 이용되어 왔고, 분포, 재배, 증식등에 관한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다(김, 1997; 김등, 1996, 1997, 1998; 김과김, 1997; 안등, 2000; 육 등, 1996; 황등, 1996; 한등, 2000). 생리활성 성분으로는 eleutherosides A - E 및 chlorogenic acid, sesamin, caffeic acid 등이 보고되고 있다(김등, 1997; 안등, 2000; 한등, 2000; 황등, 1996). 또 최근 가시오갈피 추출물의 약리작용에 대한 연구로 항산화효과, free radical 및 지질과산화 억제효과, in vitro 및 in vivo 생리활성 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(육등, 1997; 한등, 2000; 김등, 2002).

그러나 가시오갈피의 재배환경에 필요한 광합성, 호흡, 증산, 수분포텐셜 등 생리반응에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 이 연구에서는 가시오갈피의 생육적지 환경 판정에 필요한 잎의 광합성속도, 증산속도, 기공전도도 등에 대한 생리반응을 산지별로 측정·고찰하여 보고하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 시험재료

연구 시료는 임업연구원 중부육종장 춘천관리소 시험포에 자생지별로 비음하에 재배한 수고 1-3m 크기의 가시오갈피 중 오대산, 계방산(홍천 내면), 중국산, 태백산, 제주 한라산 산지목을

대상으로 착생엽의 순광합성속도, 기공증산속도, 기공전도도의 측정시료로 사용하였다. 재배지의 환경조건은 상층수관에 의해 비음처리되어 상대광도가 30-50%이며, 유기질 비료를 충분히 공급한 비옥한 사질양토로 배수와 통기성이 매우 좋은 포지토양이었다. 광합성등의 생리반응 측정엽은 생장이 양호한 개체목을 산지별로 3-5본씩 선정 후 상, 중, 하엽별로 측정하였다.

2. 측정방법

성목과 묘목의 잎에 대한 순광합성속도(net photosynthetic rate; A_{net}), 기공전도도(stomatal conductance)의 측정은 2002년 7월 10일부터 8월 10일 사이 맑은 날을 택하여 10:00 ~ 14:00 사이에 측정하였으며, 모든 측정은 자연환경조건에서 수행되었다.

측정기기는 휴대용으로 CO_2 open system 인 휴대용 적외선 가스교환측정기(IR CO_2 analyzer; Type LCA-4, ADC, Hoddesdon, Herts, UK)를 사용하였으며, 측정시 광도 및 온도 조절은 Leaf Microclimate Control System Chamber로 조절하였다. 측정은 각 수종별로 5개체를 선발한 후 각 개체별 5개의 착생잎을 측정하였다.

3. 데이터분석

단위 잎표면적당 순광합성속도, 기공증산속도, 기공전도도는 Caemmerer & Farquhar(1981)의 식으로 자동입력 계산되었다. 그리고 광-광합성곡선은 다음의 Kume and Ino(1993)식 (1)식에 의해 나타냈다.

$$A = Amax(1-\exp(-\Phi P/Amax)) - R \quad \text{-----(1)}$$

여기서 A는 순광합성속도, Φ는 광양자효율, P는 광도, Amax는 최대광합성속도, R는 호흡속도. 약광조건하에서 광합성 능력의 지표가 되는 광양자효율은 광도 0-100 μmol m^{-2} s^{-1} 영역에서 직선회귀식 y=ax + b에 의해 구하였다. 이 식에서 a는 광양자이용효율, b는 암호흡속도, -b/a는 광보상점, 그리고 광포화점은 상대광합성속도가 90%이상 일때의 광도로 결정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 광-광합성곡선

한 개체목에서 엽위치에 따라 광합성곡선의 광반응 생리는 다르게 나타난다(Kozlowski, 1997; Larcher, 1995). 가시오갈피 엽의 광특성을 알기 위하여 광-광합성 곡선을 구하였으며, 예로 홍천산의 광-광합성곡선을 Fig. 1에 나타냈다. 광보상점은 양엽이 광양자밀도(PPFD)로 약 30 μmol m^{-2} s^{-1}, 음엽이 약 15 μmol m^{-2} s^{-1}로서 극히 낮았다. 이 값은 전(2003)이 보고한 약한 음수 성질을 갖는 음나무 상엽의 광보상점 34 μmol m^{-2} s^{-1} 및 하엽 25 μmol m^{-2} s^{-1} 보다도 더 낮았다. 이와같이 약광에서도 프러스 CO_2 수지를 유지하므로 가시오갈피는 매우 약한 광량에서 생육할 수 있는 생리적 특성을 갖고 있다는 것을 알 수 있다. Larcher(1995)에 의하면 온대지방 낙엽활엽수의 광보상점은 양엽의 경우 20-50 μmol m^{-2} s^{-1} 음엽이 10-15 μmol m^{-2} s^{-1} 이라고 한다.

한편, 가시오갈피 상엽의 광포화점은 음엽이 약 300 μmol m^{-2} s^{-1}인데 비해 양엽은 900-1,000 μmol m^{-2} s^{-1} 로 현저한 차이를 보이고 있다. 양엽의 광포화점이 일반 식물의 양엽과 같이 비교적 높게 나타나고 있는데 이는 양광포지(약 30-50% 비음처리)에서 자라고 있는 가시오갈피 시료를 측정한 것으로 실제 가시오갈피 산지는 음지에서 자라지만, 비교적 광량이 많은 포지 조건에서 재배 가능하다는 것을 의미하고 있다. 이 결과는 전(2003)이 보고한 약한 음수성을 갖는 음나무 상엽의 광보화점 800-1,200 μmol m^{-2} s^{-1} 과 유사한 결과를 보이고 있다.

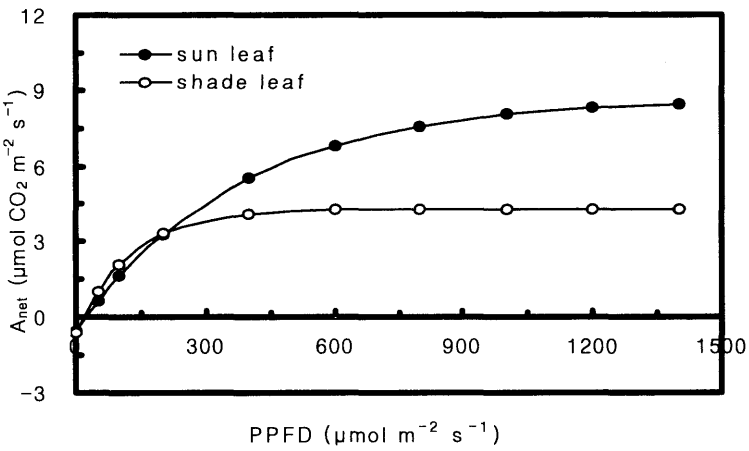

Fig. 1. Relationships between net photosynthesis rates and light intensities in *Acanthopanax senticosus* of leaves.

2. 산지별 광합성 특성

엽온 25℃의 포화광량(1,000 μmol m^{-2} s^{-1}) 조건에서 7월에 측정한 산지별 평균 순광합성속도의 특성을 Table 1에 나타냈다. 재래종 가시오갈피 상엽의 순광합성속도의 크기는 8.0 - 8.8 μmol m^{-2} s^{-1}로 산지별로 유사한 값을 나타냈으며, 중국산 기시오갈피와 제주도산 섬가시오갈피 상엽의 순광합성속도는 각각 7.7과 6.9 μmol m^{-2} s^{-1}로 다소 낮았다. 덩굴성으로 자라는 섬가시오갈피 엽은 내륙산 가시오갈피의 잎보다 현저히 작고 얇은 특징을 갖고 있기 때문에 내륙산 가시오갈피 보다 낮은 광합성속도를 나타낸 것으로 사료된다. 그러나 재래종과 섬가시오갈피의 순광합성속도에 대한 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

또 중간부위엽의 순광합성속도는 오대산 가시오갈피가 다소 높은 5.7 μmol m^{-2} s^{-1}로 상엽 순광합성속도의 65% 수준이었고, 홍천산과 정선산이 다소 낮은 3.0 μmol m^{-2} s^{-1} 로 상엽 순광합성속도의 40% 정도였다. 제주 섬오가시갈피 중간부위엽의 순광합성속도는 6.7 μmol m^{-2} s^{-1}로 내륙산 보다 높은 값을 나타냈다. 이는 상

Table 1. The net photosynthesis(μ mol CO_2 m^{-2} s^{-1}) of *Acanthopanax senticosus* of leaves in various mountains.

Location	Net photosynthetic rate			Leaf temp., ℃	PPFD, μmol $m^{-2}s^{-1}$	Measured leaves	Measurements	Time
	upper leaves	middle leaves	lower leaves					
Hongcheon	8.05±0.34	3.43±0.07	2.42±0.17	22.5±0.1	1,000	9	45	2002 7.
Odae Mt.	8.81±0.19	5.74±0.34	3.13±0.10	23.0±0.2	1,000	8	40	2002 7.
Jeongsun	8.09±0.19	3.23±0.23	1.86±0.16	25.0±0.5	1,000	7	35	2002 7.
China	7.72±0.30	-	1.74±0.09	22.5±0.2	1,000	7	35	2002 7.
Jeju island	6.92±0.16	6.74±0.26	4.89±0.09	25.0±0.2	1,000	3	15	2002 7.

±: standard error

엽과 거의 비슷한 수치로 덩굴성 줄기에 달린 엽 특성이라고 사료된다.

하위엽의 순광합성 속도는 내륙산의 경우 1.8-3.1 μmol m^{-2} s^{-1} 로서 상엽의 약 30% 정도로 음엽의 광합성 특성을 나타내었다. 중국산도 내륙산과 거의 비슷한 값을 나타냈으나 덩굴성인 섬가시오갈피는 4.9 μmol m^{-2} s^{-1}로 상위엽 순광합성속도의 71% 수준의 높은 순광합성속도를 나타내는 특성을 보였다.

3. 증산속도의 특성

광합성속도와 같은 25℃의 포화광량 조건에서 측정한 산지별 가시오갈피 엽의 평균 기공증산속도를 Table 2에 나타냈다. 산지별 상부엽의 평균 기공증산속도는 1.1-1.4 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} 이었으며, 중간부위엽은 0.7-1.0 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}로 상부엽의 약 70% 였으며, 하부엽은 0.5-0.6 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}로 상부엽의 약 49% 였다. 최대 기공증산속도를 나타내는 오대산 양엽의 경우 1.4 mmol H_2O m^{-2} s^{-2} 은 전(2003)이 보고한 음수성인 음나무 양엽의 최대 기공증산속도 1.3 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}과 비슷한 결과이고, 정(2002)이 보고한 참나무류의 기공증산속도 2-6 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} 보다는 낮은 값을 보였다. 이 결과로 가시오갈피는 수분소비가 낮은 음수성이 강한 수종임을 알 수 있었다.

산지별로는 오대산 엽의 기공증산속도가 다소 높았으며, 산지간 기공증산속도의 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 또 산지별 상엽, 중위엽, 하위엽의 기공증산속도의 차이를 보면 매우 유사한 값을 보였으며, 중위엽은 상엽의 약 65-79% 였으며, 하위엽은 상엽의 42-57% 였다.

Tabele 2. The stomatal transpiration(mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) of *Acanthopanax senticosus* of leaves in various mountains.

Location	Stomatal transpiration			Leaf temp., ℃	PPFD, μmol $m^{-2}s^{-1}$	Measured leaves	Measurements	Time
	upper leaves	middle leaves	lower leaves					
Hongcheon	1.12±0.04	0.72±0.02	0.55±0.04	25.0±0.1	1,000	9	45	2002 7.
Odae Mt.	1.40±0.04	1.04±0.04	0.64±0.04	25.0±0.2	1,000	8	40	2002 7.
Junsun	1.19±0.07	0.84±0.05	0.56±0.05	25.0±0.5	1,000	7	35	2002 7.
China	1.11±0.06		0.47±0.02	25.0±0.2	1,000	7	35	2002 7.
Jeju island	1.12±0.05	0.89±0.02	0.64±0.03	25.0±0.2	1,000	3	15	2002 7.

±: standard error

Table 3. The stomatal conductance(mmol H_2O m^{-2} s^{-1}) of *Acanthopanax senticosus* of leaves in various mountains.

Location	Net photosynthetic rate			Leaf temp., ℃	PPFD, μmol m^{-2} s^{-1}	Measured leaves	Measurments	Time
	upper leaves	middle leaves	lower leaves					
Hongcheon	70±10	40±10	30±10	22.5±0.1	1,000	9	45	2002 7.
Odae Mt.	90±10	70±10	30±10	23.0±0.2	1,000	8	40	2002 7.
Jungsun	80±10	30±10	20±10	25.0±0.5	1,000	7	35	2002 7.
China	70±10	-	20±10	22.5±0.2	1,000	7	35	2002 7.
Jeju island	*380±40	240±20	130±20	25.0±0.2	1,000	3	15	2002 7.

±: standard error, *: 5% level significant

4. 기공전도도

광합성시 기공세포에서 대기로의 수분확산속도의 크기를 의미하는 기공전도도(stomatal conductance)를 측정하여 Table 3에 나타냈다. 보통 기공전도도의 크기는 광도, 수증기압포차, CO_2농도, 기온, 상대습도등과 같은 환경인자의 변화에 영향을 받는다(Hinckley & Braatne, 1994).

Table 3은 포화광량인 1,000 μmol m^{-2} s^{-1}에서 측정한 산지별 기공전도도의 값을 비교한 것이다. 모든 산지에서 기공전도도는 상엽, 중간부위엽, 하부엽에서 차이를 보였으며, 일반적으로 상부엽은 하부엽의 2배 이상 높은 값을 나타냈다. 산지별로 상부엽을 비교해 보면 홍천, 오대산, 정선, 중국산 등에서는 70-90 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} 범위로 통계적 유의차를 나타내지 않았다.

그러나 제주 섬오갈피의 경우는 다른 산지의 가시오갈피 기공전도도 보다 현저하게 높은 380 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} 타산지와 5%수준에서 유의적인 차이를 나타내고 있다. 이와같은 차이는 제주 섬가시오갈피가 덩굴성으로 자라며, 잎이 양광을 요구하는 특성이 있을 것으로 사료된다. 일반 수목에서 엽의 기공전도도는 광포화시 약 100-400 mmol H_2O m^{-2} s^{-1}의 값을 보인다(정성호, 2002; 전두식, 2003). 하부엽은 그늘에서 자라기 때문에 기공전도도와 광합성속도와 같이 기공전도도값이 낮은 것으로 사료된다. 전 산지별 측정에서 기공전도도의 값은 중위엽이 상엽의 38-63% 였고, 하위엽이 상엽의 29-43% 범위를 나타냈다.

Ⅳ. 인용문헌

1. Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology. Springer-Verlag, Berlin, 506pp.
2. Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants. Academic Press, New York, 411pp.
3. Caemmerer, S. and Farquhar, G.D. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. Planta 153: 376-387.
4. Kume, A. and Ino,Y. 1993. Comparision of ecophysiological responses to heavy snow in two varieties of Acuba japonica with different ares of distribution. Ecological Research. 8: 111-121.
5. 김기형, 김선. 1997. 야생 및 수입대체 약용식물 재배가능 기술연구-가시오갈피 종자채종에 관한 연구. 농촌진흥청 호남농업시험장 시험연구보고서. 489-498.
6. 김선, 박문수, 박호기, 김연진, 장영선. 1996. 야생 및 수입대체 약용식물 재배가능 기술연구-가시오갈피 종자채종에 관한 연구. 농촌진흥청 호남농업시험장 시험연구보고서. 294-299.
7. 김선. 1997. 야생 및 수입대체 약용식물 재배가능 기술연구-가시오갈피 종자채종에 관한 연구. 농촌진흥청 호남농업시험장 시험연구보고서. 478-482.
8. 김승경, 노준현, 윤희정, 최강준, 김상수.1998. 가시오갈피 분말차 제조기술 개발에 관한 연구. 농촌진흥청 농업특정연구과제 결과요약집. 86.
9. 김영진, 박문수, 박호기, 김선, 장영선, 성충기. 1996. 야생 및 수입대체 약용식물재배가능 기술연구-가시오갈피 종자채종에 관한 연구. 농촌진흥청 호남농업시험장 시험연구보고서. 304-308.
10. 김영진, 박문수, 박호기, 김선, 성충기. 1997. 오갈피속 식물의 Eleutheroside E함량. 한국약용식물학회지 4: 333-339.
11. 김영진, 박호기, 박문수, 김선, 최경구. 1997. 오갈피속 식물의 형태 및 해부학적특성 비교. 한국육종학회지 29: 56-63.
12. 전두식. 2003. 광, 온도, 수분 변화에 따른 음나무엽의 생리반응 특성. 강원대학교 박사학위논문.
13. 정성호. 2002. 낙엽성 참나무류의 광합성,

증산, 기공전도도의 특성에 관한 연구. 강원대학교 박사학위논문.

14. 박문수, 김연진, 박호기, 장영선, 이중호. 1995. 기온과 일조시간 분석에 의한 가시오갈피 채종적지 선정. 한국작물학회지 40: 444-450.
15. 박문수, 김영진, 박호기, 김선, 김규성, 장영선. 1996. 덕유산 가시오갈피 자생지의 생육환경. 한국작물학회지 41: 710-717.
16. 안진권, 이위영, 오성진, 박유헌, 허성두, 최명석. 2000. 가시오갈피나무의 Eleuroside E 및 Chlorogenic acid 성분함량. 한국임학회지 89: 216-222.
17. 유창연, 김재광, 안상득. 1997. 가시오갈피 미숙배 배양으로부터 callus 형성 및 식물체 재분화. 한국약용작물학회지 5: 49-55.
18. 육창수, 노영수, 서성훈, 임재윤, 한덕용. 1996. 개오갈피의 성분 및 항암효과. 약학회지 40: 251-261.
19. 이정환, 김삼식, 박광우. 1988. 한국산 약용식물의 분포(I). 경상대학교 농업자원 이용연구보고 22: 85-105.
20. 한상섭, 이재선, 배영수, 박완근. 2000. 산림식물을 이용한 약제, 건강음료, 및 분재용 수목 개발에 관한 연구. 농림부 연구과제 보고서. 262pp.
22. 황완규, 최수부, 김일혁. 1996. 가시오갈피 및 두충 혼합엑스의 생리활성. 생약학회지 27: 65-74.
23. 황진성. 1970. 지리산 지역의 약용식물에 관한 조사보고. 제2보(목본편). 진주농전 논문집 4: 29-34.