

국내자생 오미자과 3수종의 잎 형태, 엽록소 함량 및 목부해부학적 특성

김세현*, 이갑연, 백을선, 한진규, 강문수

국립산림과학원

Morphology and Chlorophyll Contents of Leaf and Wood Anatomical Characteristics of Three Schisandraceae Species in Korea

Sea Hyun Kim*, Keb Yean Lee, Eul Sun Baik, Jingyu Han and Moon Su Kang

Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

Abstract - It was investigated that morphological characteristics of leaf and stomata, chlorophyll contents and wood anatomy characteristics in *Schisandra chinensis*, *Schisandra nigra* and *Kadsura japonica*. Leaf morphological characteristics were significant at 5% levels within the species and within the individuals as a male, a female and monoecious. *K. japonica* was the longest in the leaf length, followed by *S. chinensis* and *S. nigra*. For the leaf length among *S. nigra* individuals, the female was longer than male and monoecious. As for the Petiole length, *S. nigra* was twice longer than *S. chinensis* and *K. japonica*. Stomata length was ranged from 92.5 μm to 105.9 μm for *S. nigra*, 79.9 μm for *S. chinensis*, 76.2 μm for *K. japonica*. *S. nigra* was longer than the others in length and width, while its stomata density was lower than the others. The size of vessel elements and xylem fiber showed a similar tendency to stomata, significant at 5% levels within *S. nigra* individuals (male, female and monoecious). Chlorophyll contents were also variable in inter and intra species and in general *K. japonica* showed higher levels of chlorophyll contents than *Schisandra* spp. plants.

Key words - *Schisandra chinensis*, *Schisandra nigra*, *Kadsura japonica*, Morphological characteristics, Chlorophyll contents

서 언

오미자과(Schisandraceae)에 속하는 수종은 세계적으로 2속 22종이 존재하며, 변종을 포함하여 *Schisandra* 속 에 25종, *Kadsura* 속에 22종 등 총 47종이 있는 것으로 알려져 있다. 주요 분포지는 북미와 열대 및 아열대 아시아 그리고 우리나라를 포함한 동 아시아 지역 등으로 광범위 하게 분포하고 있다(Bailey와 Bailey, 1976).

우리나라에는 *Schisandra* 속에 낙엽활엽 덩굴성 식물인 오미자(*Schisandra chinensis* Baill)와 흑오미자(*Schisandra nigra* Maxim.) 및 *Kadsura* 속에 상록활엽 덩굴성 식물인 남오미자(*Kadsura japonica* (L.) Dunal) 등 2속 3종이 자생 하고 있다(이, 1979). *Schisandra* 속의 2종의 분포는 오미

자가 지리산, 속리산, 태백산 등 중부 이북지역의 산야이고, 흑오미자는 제주도 한라산의 국소 지역이다. *Kadsura* 속의 남오미자는 남부 도서지역과 제주도 저지대의 온난한 지역에 분포한다. 이들 오미자과 식물의 열매는 그 맛이 독특하여 차와 같은 기호식품으로 사용되고 있으며, 노화방지 효과와 숙취해소에 좋은 활성을 보여 약용자원으로서 가치가 입증되고 있다(이와 이, 1990; 김 등, 1996). 또한, 6~7월에 피는 꽃은 향기가 좋고 꿀벌들의 방화가 많아 밀원수종으로서 관심이 증대되고 있다. 특히, 흑오미자는 제주도 지역에서 전통적으로 다류 및 진해, 해열, 감기 등의 약용으로 많이 활용되어 본초강목에는 제주도산 오미자가 최고품이라고 기록된 바 있으며, 열매의 약리효과와 기호 식품으로서의 개발가치가 인정되어 수요가 증대됨에 따라 자생지에서 흑오미자의 무분별한 남획으로 자생지가 급격히 파괴되고 있는 실정이다(제주도, 1985; 이, 1998).

*교신저자(E-mail) : goldtree@forest.go.kr

본 연구에서는 제주도 특산수종으로 기능성 식품 및 밀원 소재로 가치가 증대되고 있는 흑오미자 자원을 보존하고 육성하기 위한 육종 계획의 일환으로 우리나라 한라산에 자생하고 있는 흑오미자 선발개체와 오미자, 남오미자를 대상으로 잎의 형태적 특성과 엽록소 함량 변이, 기공 및 목재 해부학적 특성을 조사하여 각 수종 간 및 수종 내의 변이 정도와 생장 특성을 구명하여 유전자원 보존과 품종육종을 위한 기초 자료로 제공하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

국립산림과학원 난대산림연구소 클론보존원(clone bank)에 식재되어 있는 흑오미자 4종류(자웅동주인 제주 #41, #6, 숫그루, 암그루)와 오미자 및 남오미자를 각각 20개체씩 공시목으로 선정하였다. 입지환경에 따른 흑오미자 잎의 형태적 차이를 조사하기 위하여 제주도 한라산의 흑오미자 천연분포 지역인 영실, 관음사 및 상호 지역에서 600, 900, 1100, 1300 m의 해발고별로 구분하여 고도별 20개체씩 공시목으로 선정하였다. 잎 시료 채취는 엽령에 따른 형태적 변화가 작고 균일한 형태를 나타내는 줄기의 중간부위에서 병해충의 피해를 입지 않고 외관상 정상적인 성엽을 각 개체별 20매씩 채취 하였다.

잎의 형태적 특성

오미자과 식물 잎의 형태적 특성을 조사하기 위하여 채취된 개체별 20매씩의 잎 시료에 대하여 엽장, 엽폭, 엽장폭과 엽폭의 엽형지수, 엽병장, 엽병직경을 캘리퍼를 사용하여 1/10 mm까지 측정하였다.

기공 특성

기공의 형태적 특성 조사는 흑오미자 4종류와 오미자 및 남오미자를 대상으로 하였으며, 건전한 성엽을 채취한 후 즉시 FAA액(Formalin 5 : Acetic acid 5 : 70% Ethyl alcohol 90)에 고정시킨 후 증류수로 2~3회 세척하고 잎의 표면을 핀셋으로 얇게 벗겨 Acete-carmin 용액으로 10분간 염색하고 70%의 ethyl alcohol로 탈색한 후 glycerin으로 임시 프레파라아트를 제작하여 광학현미경으로 기공의 형태와 크기 등을 조사하였다.

목부 해부학적 특성

목부 해부학적 특성을 구명하기 위해서 흑오미자 4종류와 오미자 및 남오미자를 대상으로 원줄기를 채취한 후 10%의 포르말린 용액에 고정시켰다. 그리고 재료를 증류수로 세척하여 2~3 cm 길이로 작은 시편을 만들어 schurze액으로 5~7일간 해리시킨 다음 증류수로 세척하고 safranin으로 10분간 염색한 후 70%의 ethyl alcohol로 탈색하고 glycerin으로 임시 프레파라아트를 제작하여 광학현미경상에서 micrometer로 도관요소와 섬유 길이와 폭을 측정하였다.

잎의 엽록소 함량

잎의 엽록소 함량 조사는 SPAD-501 엽록소계를 사용하여 수종별로 2~6분씩 선정하여 개체당 15 반복으로 측정하였다. 생육환경 조건에 따른 엽록소 함량의 차이 조사는 관음사 집단에서 생육하고 있는 흑오미자 4종류를 측정목으로 선정하고 개체당 15 반복으로 측정하였다.

결과 및 고찰

잎의 형태적 특성

Schisandra 및 *Kadsura* 속 잎의 수종간 형태적 특성을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 잎의 길이는 남오미자가 가장 길고 오미자, 흑오미자의 순으로 나타났다. 잎의 폭은 오미자와 흑오미자가 남오미자 보다 넓은 경향을 보여 흑오미자는 남오미자나 오미자보다 전체적으로는 둥근 달걀모양을 보였다. 흑오미자 4종류를 비교하면 암그루가 잎이 길고 넓으며, 자웅동주 개체가 중간형태이고 숫그루가 가장 작은 형태를 보였다.

엽병장의 경우는 흑오미자가 오미자와 남오미자 보다 2배 정도 길었으며, 엽병 두께는 남오미자가 흑오미자와 오미자에 비해 굵게 나타났다(Fig. 2). 흑오미자 4종류의 개체간에는 큰 차이를 보이지 않았지만 암그루의 잎이 자웅동주, 숫그루에 비해 큰 경향을 보였다.

지역 간 잎 특성을 조사한 결과는 Table 1과 같이 상호, 영실, 관음사 지역 간 잎의 길이와 크기에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 엽병길이는 지역 간 차이를 보여 상호 지역의 경우, 엽병장이 관음사나 영실 지역에 비해 짧은 경향이 있었으며, 지역 내에서는 관음사 지역은 변이가 적었으나 영실과 상호지역은 큰 변이를 보였다.

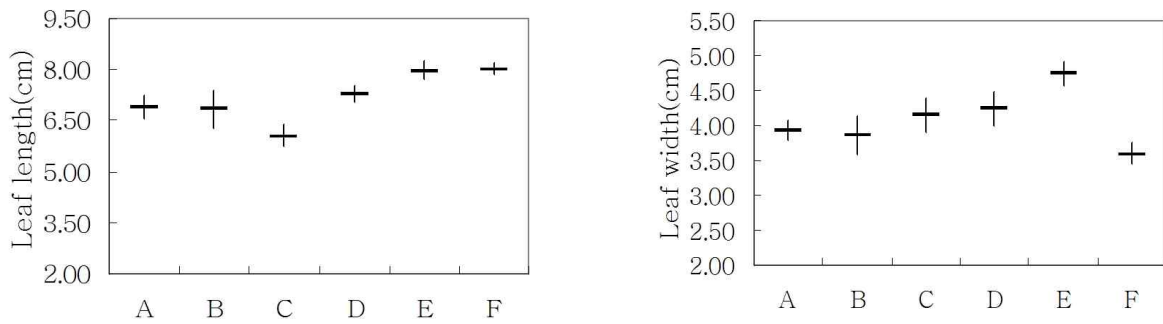


Fig. 1. Variation of leaf characteristics among Korean *Schisandra* species, two selected monoecious, male and female plant of *S. nigra* and *K. japonica* (A: and B: selected monoecious Jeju #41 and #6, C and D: male and female, E: *S. chinensis* F: *K. japonica*).

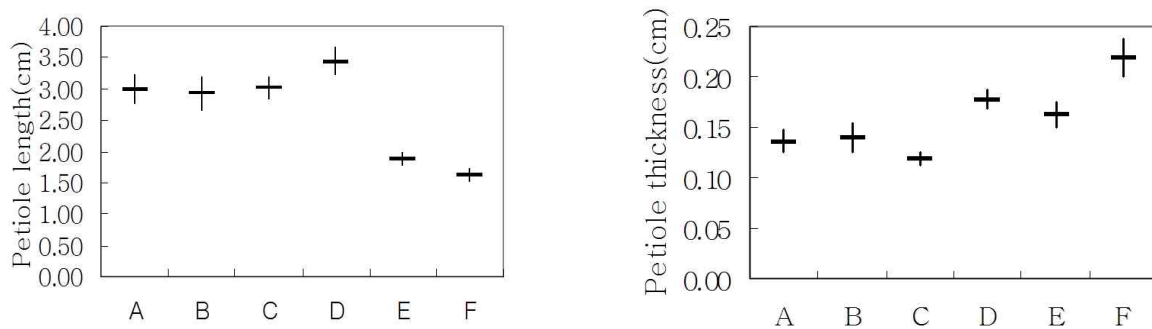


Fig. 2. Variation of petiole characteristics among Korean *Schisandra* species, two selected monoecious, male and female plant of *S. nigra* and *K. japonica* (A: and B: selected monoecious Jeju #41 and #6, C and D: male and female, E: *S. chinensis*, F: *K. japonica*).

Table 1. Leaf characteristics among the natural populations of *S. nigra*

Population	Leaf		Petiole	
	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Thickness (mm)
Kwanumsa	5.17 ± 0.76	3.31 ± 0.53	1.82 ± 0.36	0.12 ± 0.01
Youngsil	5.18 ± 0.76	3.30 ± 0.52	1.78 ± 0.44	0.11 ± 0.01
Sanghyo	5.20 ± 0.87	3.29 ± 0.56	1.66 ± 0.51	0.12 ± 0.01
Mean	5.18 ± 0.80	3.34 ± 0.54	1.75 ± 0.45	0.11 ± 0.01

Table 2. Leaf characteristics among the different altitudes of *S. nigra* in Sanghyo

Altitude (m)	Leaf		Petiole	
	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Thickness (mm)
600	5.11 ± 0.70	3.34 ± 0.48	1.91 ± 0.56	0.12 ± 0.02
900	5.16 ± 1.01	3.23 ± 0.60	1.51 ± 0.53	0.12 ± 0.02
1100	5.23 ± 0.71	3.37 ± 0.53	1.81 ± 0.45	0.12 ± 0.01
1300	5.30 ± 0.85	3.29 ± 0.62	1.78 ± 0.54	0.11 ± 0.01
Mean	5.20 ± 0.83	3.31 ± 0.55	1.75 ± 0.54	0.12 ± 0.01

상호 지역의 경우, 해발 600, 900, 1,100, 1,300 m의 해발고별 잎 특성을 조사한 바, 잎의 크기와 폭에서는 지역

간 특성과 마찬가지로 큰 차이를 보이지 않았으나 해발고 가 높아짐에 따라 엽장과 폭이 커지는 경향을 보였으며, 엽

병길이는 짧아지는 경향을 보였다(Table 2).

특히, 해발 900 m의 경우는 잎의 크기에 있어 변이가 크고 엽병도 가장 짧은 경향이었는데, 이는 불규칙한 상층 식생에 의해 부분별로 소개되어있는 해발 900 m 지역 흑오미자 자생지의 입지 환경 특성에 기인한 것으로 생각된다. 김(1995)은 상수리나무의 집단 간 잎 특성 비교에서 변이가 큰 특성들은 엽병장, 엽단각, 엽병장율의 순으로 나타났으며, 김(1998)은 황칠나무의 엽형질 변이 분석에서 지역 간 또는 지역 내 개체 간 많은 유의차를 보였다고 하였다.

이와 같은 연구 결과를 종합할 때 동일 장소에 동일조건으로 생육하고 있는 시료를 채취하여 여러 가지 환경에 따른 차이를 배제시켰지만 각 수종마다 최적 생육환경이 다르기 때문에 약간의 차이가 있는 것으로 생각된다.

기공 특성

흑오미자 4종류, 오미자 및 남오미자의 잎 뒷면에 분포하는 공변세포를 포함한 기공의 길이와 폭, 기공의 형상비 및 1 mm²당 기공의 밀도를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다.

기공의 형태는 Fryns-Claessens와 Van-Cotthem(1973), Dilcher(1974)의 개체발생에 의거한 분류방식에 의하면 공시수종 모두 Perigenous형이었다. Jalan(1962)은 오미자 속의 기공은 Perigenous형 중에서 Aperigenous형과 Diperigenous형으로 보고하였으며, 기공의 길이는 오미자 79.90 μm, 남오미자 75.20 μm로 비슷하였으나 흑오미자는 92.50~110.75 μm로 나타나 지역간에 다소 차이가 있었으며, 기공의 폭도 길이와 유사한 경향이였다.

단위면적당 기공의 밀도는 남오미자가 694.38/mm²개로서 가장 높은 밀도를 보였고 오미자 395.33/mm²개, 흑

오미자 204~314/mm²개로서 다소 낮은 밀도로 분포하였다. 이러한 결과는 김과 정(1995)의 옻나무과 수종의 기공 밀도 107~206/mm²개, 이(1992)의 운향과 133~507/mm²개라고 보고한 결과와 유사하였으며, Kramer와 Kozlowski(1979)가 대부분의 목본식물에 있어서 기공의 밀도는 100~600/mm²개의 범위라는 보고와 거의 일치하였으나 김(1995)이 참나무 천연집단의 기공형질 변이에서 보고한 600~1000/mm²개와는 많은 차이를 보였다. 해발고도에 따른 흑오미자 기공의 길이와 폭, 밀도는 4개 지역간에 다소 차이가 있었으며, 이러한 결과는 생육지의 온도, 습도, 광도 등의 기후조건과 수령의 차이에 기인한 것으로 판단된다(Gindel, 1969; 박, 1994).

목부 해부학적 특성

흑오미자 4종류, 오미자 그리고 남오미자의 가지에서 추출한 목섬유와 도관요소의 길이와 폭의 측정결과는 Fig. 4와 5와 같다.

섬유의 길이는 오미자가 752 μm로서 가장 짧았고, 남오미자 820 μm로 나타났으며, 흑오미자가 862~947 μm로 가장 길었고 목섬유의 폭도 유사한 결과를 보였다. 소와 박(1985)은 목련과와 붓순나무과 및 오미자과의 목부해부학적 특성 비교 연구에서 오미자과의 수종 간 목섬유의 길이와 폭이 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 홍등(1972)은 지리산 참나무류의 목섬유 변이에 관한 연구에서 공시수종 모두 동일 개체 내에서 나이트가 최근에 형성된 층일수록 목섬유의 길이가 2배, 직경이 1~3배 정도 길어진다고 보고하였는데, 본 연구의 흑오미자 집단 간 길이와 직경도 10%의 변이를 보였다. 또한, 도관요소의 길이는 목섬

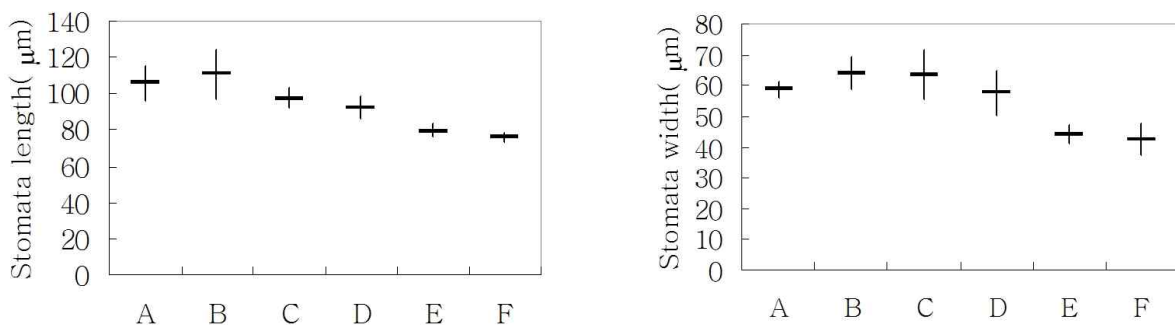


Fig. 3. Variation of stomata length and width characteristics among Korean *Schisandra* species, two selected monoecious, male and female plant of *S. nigra* and *K. japonica* (A and B: selected monoecious Jeju #41 and #6, C and D: male and female, E: *S. chinensis*, F: *K. japonica*).

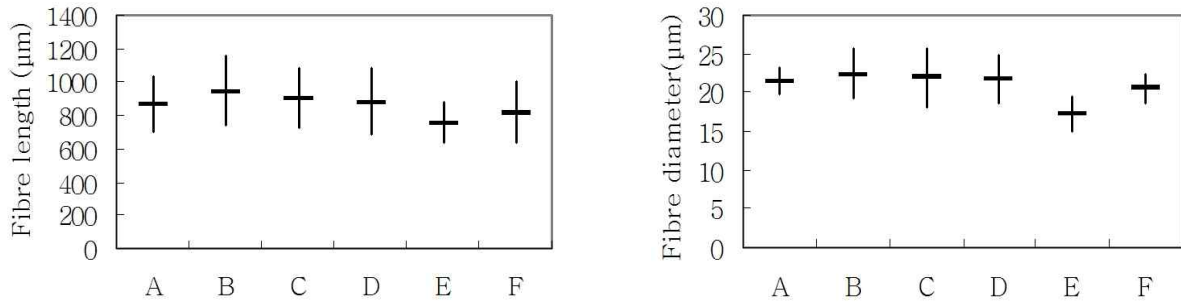


Fig. 4. Variation of fibre characteristics among Korean *Schisandra* species, two selected monoecious, male and female plant of *S. nigra* and *K. japonica* (A and B: selected monoecious Jeju #41 and #6, C and D: male and female, E: *S. chinensis*, F: *K. japonica*).

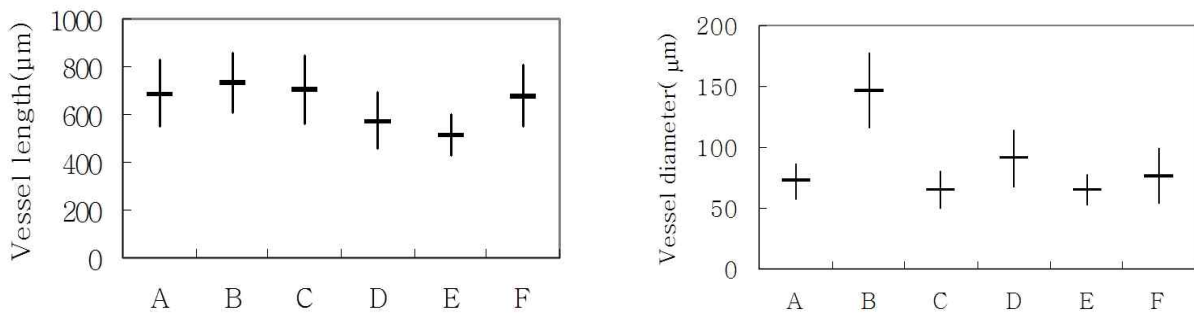


Fig. 5. Variation of vessel element characteristics among Korean *Schisandra* species, two selected monoecious, male and female plant of *S. nigra* and *K. japonica* (A and B: selected monoecious Jeju #41 and #6, C and D: male and female, E: *S. chinensis*, F: *K. japonica*).

유 길이와 유사한 결과로서 흑오미자가 가장 길고 다음이 남오미자, 오미자의 순이었으며, 도관 직경도 유사한 경향을 보였다. 이상의 연구결과 오미자과 3수종 간 목섬유와 도관요소의 길이와 직경의 크기는 중간 식별인자로서 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 특히 집단간의 변이에 대해서는 자생지의 기후인자와 수령, 재료의 채취부위에 따라 변이가 발생할 수 있기 때문에 보다 구체적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

잎의 엽록소 함량

국립산림과학원 난대산림연구소 클론보존원에서 생장한 흑오미자, 오미자 및 남오미자의 엽록소 함량을 SPAD-501 값으로 조사한 결과는 Fig. 6과 같다.

흑오미자와 남오미자의 SPAD-501 값은 각각 38.8 ± 6.7 , 39.5 ± 8.2 로 큰 차이를 볼 수 없었으나, 오미자는 SPAD-501 값이 29.2 ± 6.2 로 다른 두 수종에 비하여 매우 낮은 값을 나타내었다. 한편, 흑오미자의 SPAD-501 값을 丹下 등(1994)의 엽록소 농도와 SPAD-501 값의 상관관계식인

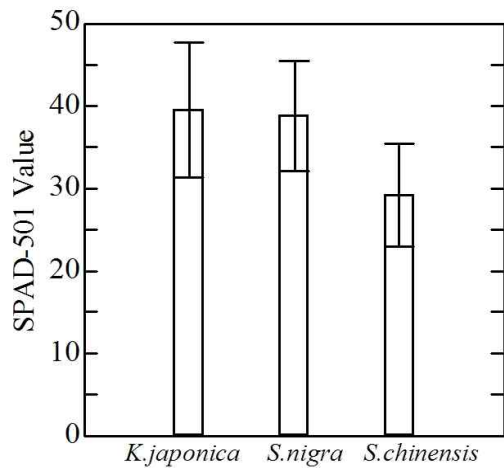


Fig. 6. Comparison of the chlorophyll contents (SPAD-501) of three Schisandraceae species in Korea.

식(1)에 대입하여 단위 면적당의 엽록소함량으로 환산하면 약 $44.9 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 이었다. 그리고 본 연구에서 실험재료로 사용한 흑오미자를 포함한 3수종의 SPAD-501 값은 丹下 등(1994)이 조사한 포플러의 45, 박 등(1996)이 조사한 은

행나무 45.7 등에 비하여 낮은 수치를 나타내어 생장이 빠른 속성 수목에 비하여 엽내의 엽록소함량이 낮음을 알 수 있었다.

$$CHL = 1.32SPAD - 6.36 \text{ ----- 식(1)}$$

(r=0.85, N=25)
 CHL : 엽록소함량($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)
 SPAD : SPAD-501 측정치

전천광의 높은 광도조건과 임내의 낮은 광도 조건에서 성장한 흑오미자 숫그루, 암그루, 자웅동주 개체의 엽록소 함량(SPAD-501 값)을 조사한 결과는 Fig. 7과 같다. 흑오미자 4종류 간의 큰 차이는 나타나지 않았으나, 낮은 광도 조건에서 성장한 개체는 전천광의 높은 광도 조건에서 성장한 개체에 비하여 낮은 SPAD-501 값을 나타내었다.

청색광(430~470 nm) 또는 높은 광도 조건에서는 양엽(sun leaf)이 형성되고, 적색광(600~700 nm) 또는 낮은 광도 조건에서는 음엽(shade leaf)이 형성된다는 Lichtenthaler 등(1980)의 보고를 고려하면, 전천광의 높은 광도 조건하에서 성장한 개체의 잎은 양엽, 임내의 낮은 광도 조건에서 성장한 개체의 잎은 음엽이라고 간주할 수 있다. 그런데 본 연구에서는 음엽이 양엽에 비하여 높은 엽록소함량을 나타낸다는 Boardman(1977)의 보고와 상반되는 결과를 나타내고 있다. 이것은 임내의 낮은 광도 조건 및 적색광(655~

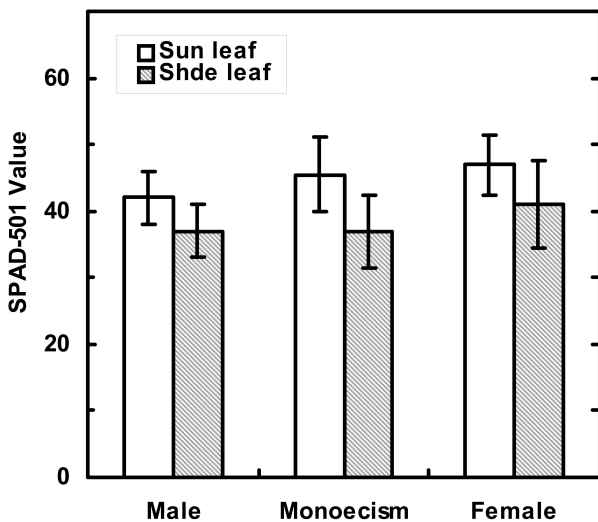


Fig. 7. Comparison of the chlorophyll contents under the different light condition among the sexual types of *S. nigra*.

665 nm)/원적색광(725~735 nm)의 비율이 낮은 조건에서는 잎의 생리적 노화가 촉진된다는 김(1994)의 보고와 동일한 현상으로 흑오미자가 임내의 낮은 광도 및 적색광, 원적색광의 광환경 조건에 의하여 잎의 생리적 노화가 촉진되었기 때문이라고 추측되어진다. 그러나 이를 명확하게 하기 위해서는 광조건과 잎의 생리적 노화 현상에 대한 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

우리나라에 천연분포하는 흑오미자 4종류(자웅동주 제주 #41, #6, 숫그루, 암그루), 오미자 및 남오미자의 잎의 형태적 특성과 엽록소 함량 변이를 조사한 결과는 다음과 같다.

오미자과의 잎 형질, 기공 및 목부 해부학적 특성을 조사한 결과, 수종 간 많은 차이가 있었으며, 흑오미자 4종류 내에서도 암그루, 숫그루 및 자웅동주 개체 간 많은 차이를 보였다. 잎의 길이는 남오미자가 가장 크고 다음이 오미자, 흑오미자 순이었으며, 흑오미자 4종류에서는 암그루가 가장 크고 자웅동주 개체가 중간이었다. 엽병길이는 흑오미자가 오미자와 남오미자에 비해 2배 이상 길었다.

기공길이에서는 흑오미자가 92.5~105.9 μm , 오미자가 79.9 μm , 남오미자가 76.2 μm 로 흑오미자의 기공길이가 길었으며, 기공 폭에서도 유사한 경향을 보여 흑오미자의 기공 크기가 큰 것으로 나타났으나 기공밀도는 오미자나 남오미자에 비해 낮았다. 도관요소 및 목부섬유의 크기도 기공과 유사한 경향을 보였으며, 흑오미자 4종류 내에서도 자웅동주와 암그루, 숫그루 간 차이를 보였다. 엽록소 함량 조사 결과 종 간 및 개체 간 변이가 크게 나타났으며, 흑오미자와 남오미자의 SPAD-501 값은 각각 38.8 ± 6.7 , 39.5 ± 8.2 로 큰 차이를 볼 수 없었으나, 오미자는 SPAD-501 값이 29.2 ± 6.2 로 다른 두 수종에 비하여 매우 낮은 값을 나타내었다.

인용문헌

김삼식, 정재민. 1995. 한국산 옻나무과의 분류학적 연구. 한국임학회지 84:151-165.
 김세현. 1998. 황칠나무 생태와 우량개체 선발에 관한 연구. 경상대 박사학위논문. 134p.

- 김영모. 1995. 한국 상수리나무 집단의 형태적, 생리적 특성 및 유전변이에 관한 연구. 강원대 박사학위논문. 111p.
- 김영호, 유연현, 오승환. 1996. *Alternaria alternata*에 항균력이 있는 천연물 조사. 한국식물병리학회지 12:66-71.
- 박광우. 1994. 목련과 식물의 분류학적 연구. 임연연보 50:173-190.
- 박홍락, 구영본, 변광옥, 김판기. 1996. 내공해수 품종육성시험 연구결과. 임목육종연구소 연구보고서 pp230~259
- 소용영, 박상진. 1985. 한국산 목본식물에 대한 계통분류학적 연구. -목련과 붓순나무과 및 오미자과의 비교목부 해부. 한국식물학회지 28 :271-284
- 이갑연. 1998. 흑오미자의 생리생태, 번식 및 유전변이에 관한 연구. 강원대 박사학위논문. 134p.
- 이정환. 1992. 한국산 운향과의 계통분류학적 연구. 경상대 박사학위논문. 114p.
- 이정숙, 이성우. 1990. 오미자 열매의 물추출물이 알콜대사에 미치는 효과. 한국식품화학회지 5:259-263.
- 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사. p. 375-376.
- 제주도. 1985. 제주식물도감. 제주도 인쇄공업협동조합. p.140-141.
- 홍병화, 문창국, 신동소. 1972. 지리산산 참나무류 목섬유 변이에 관하여. 한국임학회지 14 :33-38.
- Bailey, L. H. and E. Z. Bailey. 1976. Hortus Third-A concise dictionary of plants cultivated in the United States and Canada-. McMillan publishing company pp. 620-1017.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 28:355-377.
- Dilheer, D.L. 1974. Approches to the identification of angiosperm leaf remains. Bot. Rev, 40:1-40.
- Fryns-claessens, E. and W. Van-Cotthem. 1973. A new classification of the ontogenetic types of stomata. Bot, Rev, 39:71-137.
- Gindel, I. 1969. Stomatal number and size as related to soil moisture in tree xerophytes in Israel, Ecology 50:263~267.
- Jalan, S. 1962. The ontogeny of stomata in *Schisandra grandiflora* Hook. f, Thoms, Phytomorphology 12:239-242.
- Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski, 1979. Phyaiology of woody plants. Acad. Press. New York
- Lichtenthler, H.K., C. Buschman, and U. Rahmsdorf. 1980. The importance of blue light for the development of sun-type chloroplasts. in The blue light syndrome. Senger, H. Ed. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg and New York. p. 485-494.
- 丹下健, 金坂基, 佐ヶ木惠彦. 1994. ポブラバイオマス林の樹冠各部の受光條件と葉の生理特性. HCP年(ISSN0913-4549, CODEN:BHKHEZ). 31:43-56.

(접수일 2009.8.10; 수락일 2010.2.7)