

암반지에 서식하는 식물의 적응적 특성(I)

— 잎의 형태적 적응 —

林柱勳·金眞水*

高麗大學校 山林資源學科

Adaptative Characteristics of Some Woody Plants Growing on the Rock Faces (I)

— Morphological Adaptation of Leaves —

Lim, Joo-Hoon and Zin-Suh Kim*

Dept. of Forest Resources, Korea Univ.

ABSTRACT

Some morphological characteristics were investigated on the leaves of *Quercus aliena*, hypostomatous species, and *Lespedeza cyrtobotrya*, amphistomatous species, that appeared dominantly on the rock faces in Mt. Pukhan, Mt. Surak and Mt. Pulam near Seoul. These characteristics were compared with those of normal sites near rock faces.

All two species growing on the rock faces had thickened leaves with well developed upper epidermis and palisade tissue. *Quercus aliena* growing on the rock faces showed the leaves with double layer of palisade cells and more regularly arranged spongy parenchyma cells to the lower epidermis. In the case of *Lespedeza cyrtobotrya*, narrower and more lengthened palisade cells and smaller air gaps between the sponge parenchyma cells were observed on the rock faces than those growing in the normal sites.

The stomatal frequency of the lower epidermis of the tree leaves growing on the rock faces is higher than those of normal sites. However, the mean total stomata number of the tree leaves growing on the rock faces are fewer.

Most of the morphological characteristics investigated indicate that the plants on the rock faces have smaller coefficient of variation than those of the normal sites.

序 論

식물의 여러 특성 중 특히 葉構造는 광선이나 수분 조건 등에 의해서 크게 영향을 받는다

* To whom correspondence should be directed

(Wylie, 1951; Kozlowski, 1971; Young and Smith, 1980). 全日光下에서나 불리한 수분 조건 하에서 자란 식물은 개체당 총엽면적이 작고 표피가 두꺼우며 털이 밀생한다. 세포 역시 작고 두꺼우며 해면조직에 비해 책상조직의 발달이 두드러진다(Wyli, 1949,1954; Stäfel, 1956; McLaughlin and Madwick, 1968; Zimmerman *et al.*, 1971; Talbert and Holch, 1975). 또한 기공은 매우 작고 밀집해 있다(Carpenter and Smith, 1975). 이러한 특성들은 일반적으로 세포 내의 수분 손실을 가능한 억제하기 위한 형태적 적응 현상으로 해석되고 있다.

岩盤地에서의 식생은 주로 母岩이 풍화된 토양과 다른 곳에서 운반된 토양이 쌓이는 바위의 틈이나 패인 부위에 발달하게 된다. 이러한 곳은 대체로 토심이 얇고 토양 및 수분이 부족하게 되며, 높은 光度의 광량, 복사열로 인한 高溫, 강한 바람 등의 제한된 환경인자를 지니게 된다. 따라서 암반지에 서식하는 식물들은 나뭇대로 처한 환경에 적응하여 결과적으로 일반임지의 식물과는 다른 형태적, 해부적 특성을 갖게 될 것이다.

이러한 관점에서 본 연구는 서울 근교의 암반지와 인접한 일반임지에 공동으로 출현하는 주요 식물들의 잎의 형태적 특성을 비교 조사할 목적으로 수행되었다.

材料 및 方法

서울 근교에 위치한 북한산, 수락산, 불암산의 3개 지역에서 암반지와, 인접한 일반임지를 지역당 3개소씩 총 18개소를 선정하고 암반지에서 출현빈도가 높은 수종 중 갈참나무와 참싸리의 잎을 조사구당 3개체, 개체당 3엽씩 총 54개체 162엽을 채취하였다.

Paraffin 침투법(Salazar, 1964)을 이용하여 표본을 제작하고 현미경($\times 400$)을 사용하여 表皮, 柵狀組織, 海綿組織의 특성과 두께를 측정하고 잎 두께에 대한 비율을 계산하였다.

기공밀도는 갈참나무의 잎에서만 측정되었는데 Replica method(Sampson, 1961)에 의해 표본을 제작한 후 현미경($\times 100$) 하에서 $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 내의 기공수를 조사하였다. 불암산 지역에서 채취된 잎에 대해서는 엽면적을 측정하여 잎 전체의 기공수를 산정하여 비교하였다. 기공수의 통계적 유의성을 검정하기 위해 SAS 프로그램을 이용하여 Nested design에 의한 분산분석을 실시하였다.

結果 및 考察

암반지와 일반임지에 생육하는 갈참나무와 참싸리의 잎으로부터 조사된 형질의 결과는 Table 1과 같다. 두 수종 공히 암반지의 잎이 일반임지의 것보다 20% 정도 더 두꺼운 것으로 나타났다.

암반지에서 잎두께가 더 두꺼운 것은 잎을 구성하는 일부 조직들이 두꺼워졌기 때문으로 특히 책상조직의 변화가 가장 두드러지게 나타났다.

갈참나무의 경우, 암반지에서의 2층으로 발달된 책상조직이 일반임지의 잎에 비해 $30\ \mu\text{m}$ 이상 두꺼웠으며 잎전체 두께에 대한 비율도 암반지에서 10% 이상 증가하고 있다. 한편 암반지에서의 해면조직의 두께는 상대적으로 감소하였으며 하표피에 접한 부분은 책상조직처럼 정형화되어 배열되었다(Fig. 1; A,B). 참싸리에서는 다소 다른 경향이 관찰되는데(Table 1), 암반지의 잎에서는 해면조직의 세포들이 뾰뾰하게 배열되어 세포간극이 작아졌으며 책상조직의 세포들도

Table 1. Comparisons of tissue organization of the leaves of *Quercus aliena* and *Lespedeza cyrtobotrya* growing on the rock faces with those of normal sites

Characteristics	<i>Quercus aliena</i>		<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	
	Rock faces	Normal sites	Rock faces	Normal sites
Total leaf thickness (μm)	174.0 \pm 22.5*	140.3 \pm 31.6	140.2 \pm 19.3	122.4 \pm 31.8
Thickness of abaxial epidermis (μm)	20.8 \pm 2.8	18.3 \pm 3.4	11.7 \pm 1.5	10.9 \pm 2.0
Thickness of adaxial epidermis (μm)	12.6 \pm 1.2	12.5 \pm 1.3	9.7 \pm 1.7	8.2 \pm 1.2
Thickness of palisade layer (μm)	93.1 \pm 13.8	58.8 \pm 23.0	67.2 \pm 11.3	59.0 \pm 18.6
Thickness of spongy parenchyma layer (μm)	47.5 \pm 9.9	50.7 \pm 11.6	51.5 \pm 9.5	44.3 \pm 13.1
Relative thickness of abaxial epidermis**	12.0	13.3	8.5	9.4
Relative thickness of adaxial epidermis**	7.3	9.2	7.0	7.1
Relative thickness of palisade layer **	53. 5	41. 0	47. 8	47. 6
Relative thickness of spongy parenchyma layer**	27.2	36.7	36.7	36.0

* : mean \pm standard error.

** : relative values to total leaf thickness(%).

보다 폭이 좁아지고 길어졌으나 2층으로 발달하지는 않았다(Fig. 1; C,D). 이같은 수종간의 차이는 갈참나무가 하표피에만 기공이 나타나며(hypostomatous) 잎이 비교적 크고 무거워 배측면이 전일광에 노출되기 보다는 암반에 반사된 광선을 받는 반면에 참싸리의 경우 양쪽 표피에 모두 기공이 나타나며(amphistomatous) 잎이 작고 바람에 뒤집히기 쉬운 특성과 관련이 있다고 생각된다. 이와 같이 기공의 분포 특성과 잎의 구조가 다른 두 식물 간에, 제한된 환경 조건에 대한 적응 방법이 다름을 인지할 수 있다.

표피층의 두께는 양 수종 공히 암반지에서 약간 두껍게 나타났으나 잎 전체 두께에 대한 상대적인 비율은 다른 조직들의 두께 증가폭이 더 컸기 때문에 오히려 감소하였다(Table 1).

Wylie(1949), Stäfelt(1956), Jackson(1967), Talbert and Holch(1975) 등은 수분 공급이 충분한 지역에 출현하는 식물의 잎이나 부분적인 직사광선만을 받는 陰葉에 비해 건조지에 출현하는 식물의 잎이나 전일광을 받는 陽葉에서 책상 조직이 더욱 두껍고 발달해 있음을 보고한 바 있고, Dale(1982)은 이러한 변화가 잎 내부의 세포간극과 엽육 표면적을 증가시킨다고 보고한 바 있어 암반지에 출현하는 식물들도 광선 및 수분 stress를 받아 유사한 형태로 적응하고 있는 것으로 여겨진다.

이러한 적응현상들중 표피 두께의 증가는 상표피로부터의 증발을 최소한도로 줄여주며 책상 조직의 발달은 작은 엽면적에 비해 잎 내부의 세포간극을 크게 하여 좁은 틈으로서 효율적인 광합성을 수행할 수 있게 유지해 준다(Turrell, 1936, 1944).

갈참나무 잎의 단위면적당 기공밀도 역시 암반지에서 일반임지에 비해 높게 나타났으며 지역 간에도 다소 차이가 있는 것으로 측정되었다(Table 2, 3).

일반임지의 잎에 비해 암반지의 잎에서 기공밀도가 높은 것은 과거의 연구결과를 통해 쉽게 이해된다. 즉 전일광하에서나 수분 조건이 불리한 곳에서 생육하는 식물은 기공의 크기가 상대적으로 작고 밀집해 있다(Carpenter and Smith, 1975). 이러한 형태적 적응은 기공을 통해서 이동되는 수분증발산량을 보다 효율적으로 조절해 주는 것으로 해석되고 있다.

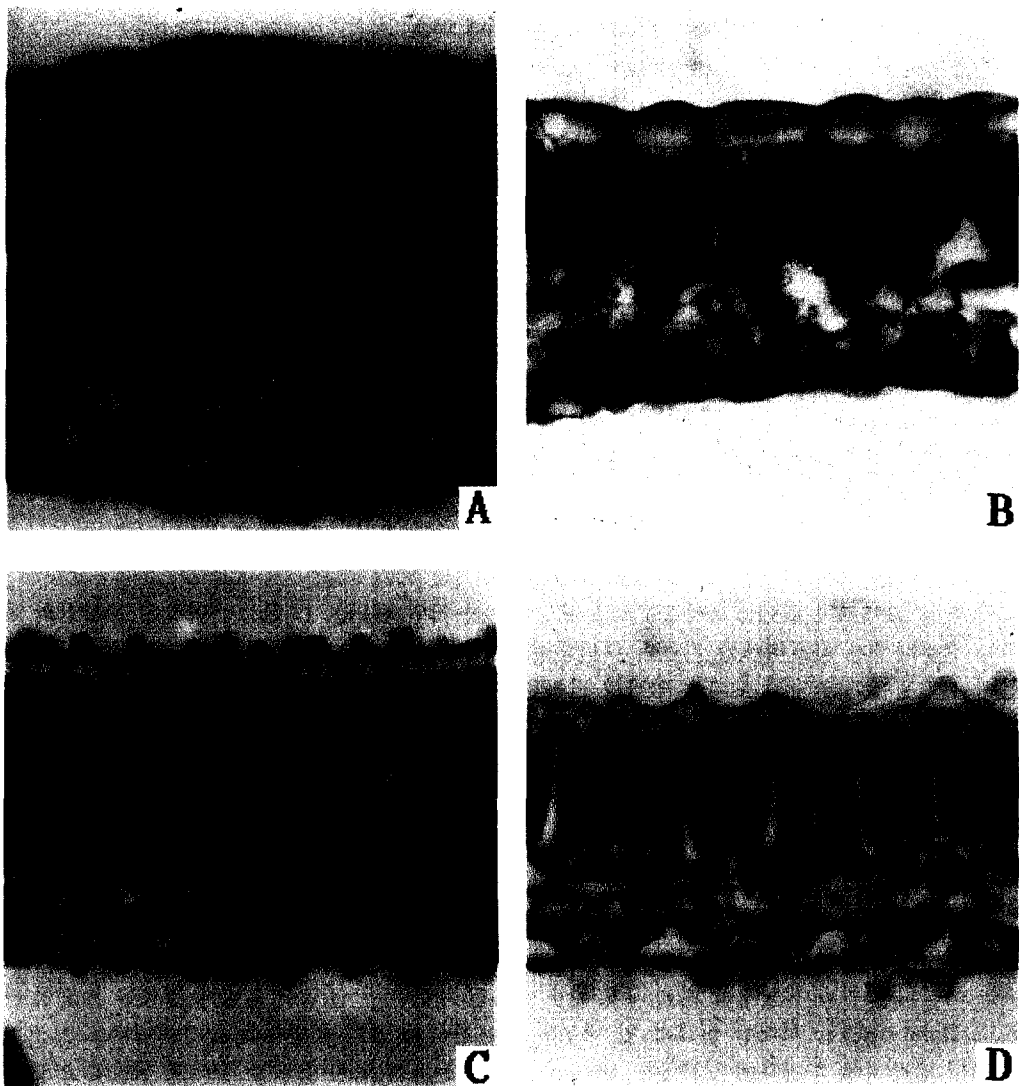


Fig. 1. Cross sections through leaves ($\times 400$). A; *Quercus aliena* growing on the rock faces with double layer of palisade cells and more regularly arranged spongy parenchyma cells to the lower epidermis. B; *Q. aliena* growing on the normal sites with a single layer of palisade cells and larger air gaps between the spongy parenchyma cells. C; *Lespedeza cyrtobotrya* growing on the rock faces with more narrowed and lengthened palisade cells and smaller air gaps between the sponge parenchyma cells. D; *L. cyrtobotrya* growing on the normal sites with large air gaps between the palisade cells.

Table 2. The number of stomata per 1 mm² leaf surface of *Quercus aliena*

Region	Rock faces	Normal sites
Mt. Pukhan	807.13 ± 71.44*	659.67 ± 93.36
Mt. Surak	1231.93 ± 165.33	748.47 ± 115.14
Mt. Pulam	776.60 ± 57.43	627.33 ± 71.51

* : mean ± standard error

Table 3. Analysis of variance for the number of stomata per 1 mm² of *Quercus aliena*

d.	Sum of square			Mean square			F-value		
	Mt. Pukhan	Mt. Surak	Mt. Pulam	Mt. Pukhan	Mt. Surak	Mt. Pulam	Mt. Pukhan	Mt. Surak	Mt. Pulam
Sites	167056.73	1753050.14	312732.31	167056.73	1753050.14	312732.31	5.33ns	22.08**	15.54*
Plots									
within sites	125294.68	317549.88	80511.18	31323.67	79387.47	20127.77	11.71**	7.60**	3.47*
Error	24	64217.76	250750.80	139337.52	2675.74	10447.95	5805.73		
Total	29	356569.17	2321350.82	532581.01					

ns : not significant , * : significant at 5% level , ** : significant at 1% level

그러나 이러한 자료는 절대적인 엽면적당 기공수를 가지고 평가된 것이 아니기 때문에 생물학적으로 자칫 상반된 해석을 가능케 한다. 엽당 총 기공수가 환경조건의 변화에 의해 변하는 것인지 또는 항상 일정하며 단지 엽면적만 변하는 것인지를 알기 위하여 불암산 지역에서 8 개체에 대해 3 엽씩 총 48엽을 채취하여 비교한 결과 암반지의 엽면적은 일반임지의 잎보다 매우 작은 것으로 나타났으며 (Table 4), 엽면적과 1mm²당 기공수를 근거로 환산된 엽당 총기공수에 있어서는 오히려 반대의 경향을 보였다 (Table 5). 즉 엽면적이 작은 암반지의 엽당 총기공수가 일반임지보다 적은 것으로 나타났다. 따라서 암반지에서는 엽면적의 최소화와 함께 엽당 총 기공수의 감소가 일어나 있으므로의 수분손실을 최소화시킴으로서 식물의 내건성을 증가시키는 것으로 해석된다. 김(1987)은 개나리의 경우에도 엽면적이 증가함에 따라 단위면적당 기공밀도가 감소하나 엽당 총 기공수는 증가하는 경향을 보고하여 본 연구의 결과와 일치하였다.

이상 조사된 형태적 특성들의 변이폭을 양 임지간에 비교하기 위하여 변이계수를 구한 결과

Table 4. The number of stomata per 1 mm², leaf area and the total stomata number of *Quercus aliena* leaf in Mt. Pulam

Characteristics	Rock faces	Normal sites
Number of stomata /mm ²	882.70 ± 147.06*	764.74 ± 64.72
Leaf area (mm ²)	4320.00 ± 1459.69	15418.67 ± 4740.42
Total stomata numbers of leaf	3.823 × 10 ⁶ ± 1.621 × 10 ⁶	1.187 × 10 ⁷ ± 4.120 × 10 ⁶

* : mean ± standard error

Table 5. Analysis of variance of the stomata number per leaf of *Quercus aliena* in Mt. Pulam

Source	d.f.	SS	MS	F-value
Sites	1	7.777×10^{14}	7.777×10^{14}	F=136.58**
Trees within sites	14	2.687×10^{14}	1.919×10^{13}	F = 3.37**
Error	32	1.822×10^{14}	5.694×10^{12}	
Total	57	12.286×10^{14}		

** : significant at 1% level

조사된 5 개 형질중 4 개 형질에서 일반임지의 변이계수가 크게 나타났으며 전체 평균에서도 일반임지에서 높은 경향이였다 (Table 6).

Table 6. Comparisons of the coefficient of variation in the morphological characteristics

Characteristics	Rock faces	Normal sites
Thickness of abaxial epidermis	13.14	18.47
Thickness of adaxial epidermis	13.53	12.52
Thickness of palisade layer	18.33	26.26
Total leaf thickness	13.86	27.54
Number of stomata in 1 mm ² on the leaves of <i>Quercus aliena</i>	9.89	13.64
Mean	13.75	19.69

이러한 결과는 일반임지에 비해 제한된 환경조건을 지니는 암반지에서 일정한 淘汰壓이 작용하여 생존 개체들의 변이폭이 상대적으로 좁아질 수 있음을 의미한다.

摘 要

서울 근교에 위치한 북한산, 수락산, 불암산의 암반지에서 출현빈도가 높은 식물 중에서 하표피에만 기공이 출현하는 수종인 갈참나무와 양쪽 표피에 모두 기공이 나타나는 수종인 참싸리를 대상으로 잎의 형태적 특성을 조사하였다. 이들 특성들은 인접한 일반임지와 비교하였다.

암반지에서는 두 수종 모두 상표피, 책상조직이 발달하여 잎이 두꺼웠다. 갈참나무에서는 암반지에서의 잎의 책상조직이 2층으로 발달하였으며 배측면에 접한 해면조직의 세포들이 책상조직처럼 정형화된 층으로 나타났다. 참싸리에서는 암반지 잎의 해면조직의 세포들이 뾰뾰하게 배열되어 세포간극이 작아졌으며 책상조직의 세포들도 보다 폭이 좁아지고 길어진 형태로 나타났다. 갈참나무 잎의 기공수는 암반지에서 단위면적당 기공수가 많았으나 엽당 총 기공수는 일반임지보다 적었다.

이상 조사된 잎의 형태적 특성들에 대한 변이계수는 일반임지보다 암반지에서 더욱 낮게 나타났다.

引用文献

- Carpenter, S. B. and N. D. Smith. 1975. Stomatal distribution and size in southern Appalachian hardwoods. *Can. J. Bot.* 53 : 1153-1156.
- Dale, J. E. 1982. The growth of leaves. Edward Arnold. 60 p.
- Jackson, L. W. R. 1967. Effect of shade on leaf structure of deciduous tree species. *Ecology* 48 : 498-499.
- 김갑태. 1987. 몇 조경수목의 기공형질에 대한 조사연구. *한국임학회지* 76(1) : 27-32.
- Kozłowski, T. T. 1971. Growth and development of trees. vol. 1. Seed germination, ontogeny and shoot growth. Academic Press, New York.
- McLaughlin, S. B. and H. A. I. Madwick. 1968. The effects of position in crown on the morphology of needles loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Amer. Midl. Nature* 80 : 547-550.
- Salazar, H. 1964. Diethylene glycol diester embedding and ultramicrotome sectioning for light microscopy. *Stain Technology* 39 : 13-17.
- Sampson, J. 1961. A method of replicating dry or moist surface for examination by light microscopy. *Nature* 191 : 932-933.
- Stäfel, M. G. 1956. Morphologie und Anatomie der Blattes als Transpirations-organen. *Encycl. Plant Physiol.* 3 : 324-341.
- Talbert, C. M. and A. E. Holch. 1975. A study of the lobing of sun and shade leaves. *Ecology* 38 : 655-658.
- Turrel, F. M. 1936. The area of the internal exposed surface of dicotyledon leaves. *Am. J. Bot.* 23 : 255-264.
- Turrel, F. M. 1944. Correlation between internal surface and transpiration rate in mesomorphic and xeromorphic leaves grown under artificial light. *Bot. Gaz. (Chicago)* 105 : 413-425.
- Wylie, R. R. 1949. Differences in foliar organization among leaves from four locations in the crown of an isolated tree (*Acer platanoides*). *Proc. Iowa Acad. Sci.* 1956 : 189-198.
- Wylie, R. R. 1951. Principles of foliar organization shown by sun-shade leaves from ten species of deciduous dicotyledons trees. *Amer. J. Bot.* 38 : 355-361.
- Wylie, R. R. 1954. Leaf organization of some woody dicotyledons from New Zealand. *Am. J. Bot.* 41 : 186-191.
- Young, D. R. and W. K. Smith. 1980. Influence of sunlight on photosynthesis, water relation, and leaf structure in the understory species *Arnica cordiolia*. *Ecology* 61(3) : 1380-1390.
- Zimmerman, M. H. , C. L. Brown and M. T. Tyree. 1971. Trees structure and function. Springer-Verlag. New York. pp. 158-163.