

## 몇 造景樹木의 氣孔形質에 對한 調査研究<sup>1</sup>

金 甲 泰<sup>2</sup>

## A Study on Stomatal Characteristics of Several Ornamental Woody Species<sup>1</sup>

Gab Tae Kim<sup>2</sup>

### 要 約

江原道 原州市 牛山洞에 所在한 尚志大學 構內에 生育中인 8種의 造景樹木을 對象으로 氣孔形質(氣孔型, 密度 및 氣孔長)을 調査하였다. 개나리, 수수꽃다리, 느티나무 및 모과나무의 氣孔은 irregular-celled type (anomocytic)이며, 백당나무, 튜울립나무 및 목련의 氣孔은 parallel-celled type(paracytic)이었다. 개나리의 경우, 葉伸長에 따른 氣孔長의 變化는 거의 없었고, 單位葉面積當 氣孔數는 크게 減少했으며, 個體葉當 氣孔數는 增加하였다. 주목의 경우, 鈎葉伸長에 따라 氣孔長은 계속 增加했으며, 單位葉面積當 氣孔數는 減少하였다.

### ABSTRACT

Stomatal morphological characteristics (shape, density and length) were investigated for 8 ornamental woody species growing in the campus of Sangji College on Usandong, Wonju, Kangwondo. Stomata of *Forsythia koreana*, *Syringa dialata*, *Zelkova serrata* and *Chaenomeles sinensis* were classified as irregular-celled type (anomocytic), those of *Viburnum sargentii*, *Liriodendron tulipifera* and *Magnolia kobus* as parallel-celled type (paracytic). For *Forsythia koreana*, stomatal length was not greatly changed as the leaf blade, growing larger. Number of stomata per unit leaf area was decreased, but number of stomata per single leaf was increased as the leaf blade, growing larger. For *Taxus cuspidata*, stomatal length was increased, but number of stomata per unit needle area was decreased as the needle, growing larger.

Key words: ornamental woody species; stomatal characteristics.

### 緒 論

種子植物의 氣孔은 대부분 잎에 있으며, 草本의 줄기나 子葉, 被子植物의 花에도 있으며, 열매에 있는 경우도 있다. 잎에 분포된 氣孔은 表面에만 있는 것 (epistomatic), 裏面에만 있는 것(hypostomatic), 兩面에 있는 것(amphistomatic) 등의 세 가지 類型이 있으나, 흔히 裏面에만 있거나 表面에

비해 裏面에 더 많은 氣孔이 있다(Meidner 와 Mansfield, 1968).

氣孔의 開閉와 分布는 光合成과 밀접하게 관련지 어져 있으며(Cukrova 와 Avratovskova, 1968 ; Farquhar 와 Sharky, 1982 ; Wong 등, 1979), 植物體는 수분손실을 최소화시키면서 가스교환을 적절히 수행하기 위하여 氣孔密度를 알맞게 유지하고 氣孔開閉作用을 통하여 水分損失抑制와 가스交換이라는相反된 두 가지 目的을 조화롭게 이루는 生理

<sup>1</sup> 接受 2月 20日 Received on February 20, 1987.

<sup>2</sup> 尚志大學 林學科 Sangji College, Wonju, Korea

作用을 통해 生長한다. Cowan(1977), Davis 와 Kozlowski(1974) 등은 氣孔開閉에 영향하는 環境要因들을 說明했으며, 多數의 研究者들에 의해 植物體의 内的要因들이 氣孔開閉에 미치는 影響이 보고되었다. 氣孔에 관한 기초조사로는 氣孔의 크기와 密度에 관하여 참나무天然集團에서(金 등, 1984), 현사시와 이태리포플러에서(權, 1982), 28種의 樹木에서(Kozlowski, 1976), 소나무류에서(Davis 와 Kozlowski, 1974), 쌔리속에서(金, 1986), 단풍나무속에서(朴과 金, 1984), 作物과 木草에서(Cohen 등, 1982 ; Miskin 과 Rasmussen, 1970 ; Cole 과 Dobrenz, 1970) 등이 각각 보고했으며, 倍數體에서 氣孔크기가 커졌음도 밝혀졌다(金과 李, 1972). 氣孔과 蒸散作用 및 植物體內水分代謝와 관련된 보고들로는 Davis 등(1974)은 *Pinus resinosa* 가 *Pinus strobus* 보다 氣孔이 커서 蒸散量이 많음을, 포플러에서(孫과 金, 1986 ; 權, 1982), 토마토에서(Tal, 1966), 애기똥풀의 3종의 식물에서(Rentschler, 1974) 등이 각각 氣孔密度, 크기 및 表皮의 脂肪층 두께에 따라 蒸散作用에 差異가 있음을 밝혔다. 한편, 氣孔의 크기, 密度 및 氣孔開閉을 植物體의水分要求度(孫과 金, 1986 ; 權, 1982 ; Davis 등, 1974), 耐乾性(Carlson 등, 1981 ; Rentschler, 1974 ; Tal, 1966), 耐寒性(任, 1979) 등과 관련지어 說明하기도 했으며, Winner와 Mooney(1980)는 SO<sub>2</sub>에 의한 葉被害과 氣孔特性을 관련지어 설명하고 있으며, 大氣汚染에 對한 耐性과 氣孔密度, 크기 및 氣孔開閉와의 관련성을 *Pisum sativum*(Olszyk 와 Tibbitts, 1981)에서, 몇 樹種(Ninova 와 Dushkova, 1978)에서 각각 밝혔다.

이에 이 연구는 개나리를 비롯한 8種의 造景樹林의 氣孔形質(氣孔型, 氣孔密度 및 氣孔크기)과 葉伸長에 따른 氣孔形質의 變化를 調査함으로써 氣孔變

異에 관한 基礎資料를 얻고, 積水處理, 耐乾性 및 耐煙性 研究의 資料로 活用하고자 試圖되었다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試材料

原州市 牛山洞에 所在한 尚志大學 構내에 造景樹木栽된 8種의 造景樹木을 對象으로 樹種當 3個體木식을 選拔하였으며, 樹冠層의 中間部位에서 각각 10개씩의 葉을 採取하여 試料로 하였다. 選拔된 試驗木들의 生育現況을 Table 1에 보였다.

### 2. 氣孔形質調査

개나리와 주목의 두 樹種에 對해서는 1986年 5月初旬부터 葉伸長에 따라 7月 下旬까지 經時的으로, 벼당나무를 비롯한 6樹種에 對해서는 7月 中旬에 각각 氣孔密度, 氣孔長을 採取된 葉으로부터 5~10回씩 調査하였다. 氣孔觀察은 주로 葉의 中央部位(中肋과 葉緣, 葉先과 葉底의 中央位置)에서 칸센을 이용해 表皮를 얇게 벗기거나, 면도칼로 表皮를 얇게 잘라내어 fast-green으로 染色하여 현미경( $\times 400$ )下에서 행했으며, 사진촬영을 하였다. 氣孔密度調査에서는 collodion replica를 만들어 관찰하는 權(1982)의 方法을 일부 이용하였다. 氣孔密度는 400倍 현미경 하에서  $62,500 \mu\text{m}^2$ 에 들어 있는 氣孔數를 세어서  $\text{mm}^2$ 當으로 換算하였으며, 氣孔開閉에 따른 變化가 거의 없는 두 개의 孔邊細胞의 양끝이 맞닿는 곳까지의 길이를 micrometer를 이용하여 氣孔長으로 測定하였다(Photo A). Digital planimeter(KOIZUMI, KP-81)를 이용하여 葉面積을 測定하고, 個體葉當 氣孔數는 調査된 氣孔密度에 葉面積을 곱하여 算出하였다.

Table 1. Mean values of size and age of trees sampled in this study.

Species	Height (m)	Root-collar diameter (cm)	Crown width (m)	Age (yr)
<i>Forsythia koreana</i>	1.5	2.4	2.0	8
<i>Syringa dialata</i>	3.0	5.0	2.5	15
<i>Taxus cuspidata</i>	2.0	5.0	1.2	15
<i>Viburnum sargentii</i>	3.0	8.0	3.0	20
<i>Zelkova serrata</i>	4.0	20.0	4.3	25
<i>Liriodendron tulipifera</i>	4.5	15.0	5.0	20
<i>Magnolia kobus</i>	1.5	5.0	1.4	6
<i>Chaenomeles sinensis</i>	3.0	9.0	2.5	20

Table 2. Stomatal density and length of investigated species measured on mid-July 1986.

Species	Stomatal density (No./mm <sup>2</sup> ) $\bar{x} \pm S.D.$	Stomatal length (μm) $\bar{x} \pm S.D.$	Shape*
<i>Forsythia koreana</i>	222 ± 83	28.40 ± 3.00	A
<i>Syringa dialata</i>	407 ± 136	24.88 ± 2.38	A
<i>Taxus cuspidata</i>	167 ± 32	41.54 ± 3.10	-
<i>Viburnum sargentii</i>	214 ± 68	35.25 ± 1.23	P
<i>Zelkova serrata</i>	164 ± 74	28.00 ± 2.93	A
<i>Liriodendron tulipifera</i>	232 ± 94	27.30 ± 2.45	P
<i>Magnolia kobus</i>	342 ± 127	27.50 ± 2.18	P
<i>Chaenomeles sinensis</i>	519 ± 248	30.25 ± 1.75	A

\* A and P mean anomocytic and paracytic, respectively.

## 結果 및 고찰

### 1. 樹種別 氣孔形質比較

7月 中旬에 测定된 氣孔形質을 Table 2에 보였습니다. 調査된 8樹種의 氣孔分布는 모두 잎의 裏面에만 있었으며(hypostomatous), 氣孔形態는 Metcalfe 와 Chalk(1950)의 쌍자엽식물의 氣孔分類로 보아 개나리, 수수꽃다리, 느티나무 및 모과는 subsidiary cell이 없는 irregular-celled type(anomocytic)이며(Photos A, B, E and H), 배당나무, 두울립나무 및 목련은 subsidiary cell이 guard cell과 나란히 배열된 parallel-celled type(paracytic)에 속하는 것으로 판단된다(Photos D, F and G). 한편, 나자식물에 속하는 주목은 葉表面의 관찰만으로는 정확하게 subsidiary cell의 有無를 판단하기 어려우며, 이는 나자식물은 일반적으로 guard cell이 表皮로부터 움푹 들어가 존재하는 특성(Esau, 1977)때문으로 보인다.

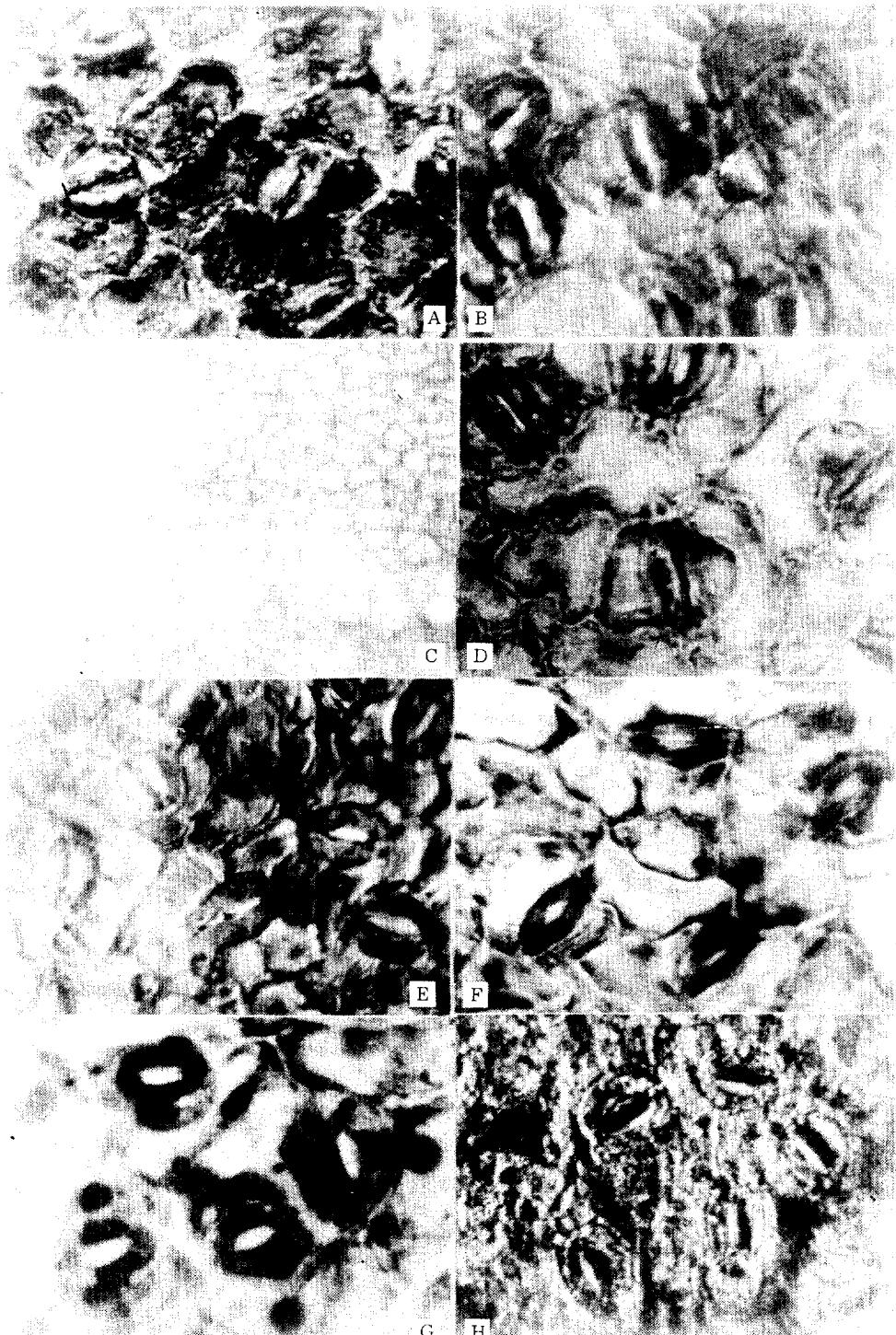
單位葉面積當 氣孔數에 있어서는 느티나무에서의 164/mm<sup>2</sup>이 가장 낮은 값이며 모과에서의 519/mm<sup>2</sup>이 가장 높은 값으로 나타나 대체로 Kozlowski(1976)가 28種의 樹木에서 調査報告한 100~600/mm<sup>2</sup>에準하는 것으로 보이며, 一般的으로 草本에서 報

告된 — 보리에서 36~98/mm<sup>2</sup>(Miskin 과 Rasmussen, 1970), tall fescue에서 74~102/mm<sup>2</sup>(Cohen 등, 1982) 및 alfalfa에서 146~265/mm<sup>2</sup>(Cole 과 Dobrenz, 1970) — 값들에 비해서는 높았다. 한편, 金 등(1984)이 참나무 天然集團에서 보고한 600~1000/mm<sup>2</sup>에 비해서는 낮은 값이며, 현사시의 營이면에서의 氣孔數를 權(1982)은 684~792/mm<sup>2</sup>으로, 孫과 金(1986)은 235/mm<sup>2</sup>으로 報告했음과 氣孔形質에 對한 種內變異와 재배 환경 또는 개체내의 부위에 따른 變異가 많음을 밝힌 점(Cohen 등, 1982; Carlson 등, 1981; Kozlowski, 1976; Cole 과 Dobrenz, 1970) 등으로 보아 氣孔形質을 利用한 研究에서는 標本抽出時期, 生育環境, 標本數 등에서 세심한 주의를 해야 할 것으로 思料된다. 주목의 경우, 氣孔이 分布된 부위에서 167/mm<sup>2</sup>으로 나타났으며, 이는 *Pinus resinosa* 와 *Pinus strobus*에서 보고된 67~68과 71~74/mm<sup>2</sup>(Davis 등, 1984)에 비해 높은 값이었다.

氣孔長에서는 주목이 다른 활엽수에 비해서 41μm로 크게 나타났으며, 활엽수 중에서는 배당나무가 35 μm로 가장 크고 수수꽃다리가 24 μm로 가장 작았다. 이러한 값은 Kozlowski(1976)가 28種의 樹木에서 조사보고한 17~56 μm의 범위에 속하며, 일반적으로 초본에서 보고된 — 보리에서 41~56

Table 3. Changes of mean and standard deviation ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) of stomatal characters for *Forsythia koreana*.

	Date						
	May 9	May 15	May 27	June 13	July 1	July 14	July 28
Leaf area (cm <sup>2</sup> )	3.25	3.57	5.77	8.03	10.20	15.38	22.70
Stomatal density (No./mm <sup>2</sup> )	404±104	374±79	284±84	250±96	225±76	222±83	217±99
(No./leaf)	1.31x10 <sup>5</sup>	1.34x10 <sup>5</sup>	1.64x10 <sup>5</sup>	2.01x10 <sup>5</sup>	2.30x10 <sup>5</sup>	3.41x10 <sup>5</sup>	4.93x10 <sup>5</sup>
Stomatal length (μm)	27.4±4.2	27.2±3.0	27.2±3.6	27.6±3.2	28.2±2.8	28.4±3.0	28.7±3.2

**Photo Illustration**

- Photo A.** Stomata of *Forsythia koreana* (x 800)  
**Photo B.** Stomata of *Syringa dialata* (x 800)  
**Photo C.** Stomata of *Taxus cuspidata* (x 200)  
**Photo D.** Stomata of *Viburnum sargentii* (x 800)

(Mid-July 1986)

- Photo E.** Stomata of *Zelkova serrata* (x 800)  
**Photo F.** Stomata of *Liriodendron tulipifera* (x 800)  
**Photo G.** Stomata of *Magnolia kobus* (x 800)  
**Photo H.** Stomata of *Chaenomeles sinensis* (x 800)

Table 4. Changes of mean and standard deviation ( $\bar{x} \pm S.D.$ ) of stomatal characters for *Taxus cuspidata*.

	Date						
	May 6	May 15	May 27	June 13	July 1	July 14	July 28
Needle length (cm)	0.70	1.20	1.90	2.09	2.14	2.18	2.21 (2.58)*
Stomatal density (No./mm <sup>2</sup> )	214±66	218±49	190±60	175±43	168±48	167±32	162±46 (138±38)
Stomatal length (μm)	32.4±4.1	32.3±2.3	33.9±3.3	34.6±3.6	40.3±4.7	41.5±3.1	42.7±3.9 (48.4±5.8)

\* values in parenthesis were measured on two-year-old needles.

$\mu\text{m}$  (Miskin 과 Rasmsson, 1970), tall fescue 에서 (Cohen 등, 1982) — 값들에 비해서는 낮은 편이었다.

## 2. 葉伸長에 따른 氣孔密度와 氣孔長의 變化

葉伸長에 따른 개나리와 주목의 氣孔形質 測定值들의 平均과 標準偏差를 Table 3과 4에 각각 보였다. 개나리의 경우, 5月 9日 測定에서 單位葉面積當 氣孔數가  $404/\text{mm}^2$  으로 높았으나 葉伸長에 따라 점차 減少하여 7月 28日 測定에서는  $217/\text{mm}^2$  으로 현저히 낮아졌으나, 個體葉當 氣孔數는 5月 9日에  $1.31 \times 10^5$  개에서 7月 28日에는  $4.93 \times 10^5$  개로 크게增加하였다. 이러한 結果처럼 葉伸長(葉令)에 따라 單位葉面積當 氣孔數에 差異가 많은 점과 生育環境에 따른 氣孔密度의 變異가 큰 점(Cole 과 Dobrenz, 1970), 個體內에서도 部位에 따라 氣孔密度의 變異가 심한 점(Cohen 등, 1982; 任, 1979; Kozlowski, 1976) 등은 氣孔密度를 調査함으로써 遺傳變異分析, 種의 分布 및 耐乾性 등에 利用하고자 할 때에는 測定時期, 標本抽出位置, 測定位置 및 標本數에 세심한 주의를 기울여야 함을 알 수 있다. 한편, 氣孔長에 있어서는 5月 9日 測定에서  $27.4 \mu\text{m}$  였으며, 7月 28日 測定에서  $28.7 \mu\text{m}$  로 큰 變異가 없음을 알 수 있었다. 이는 개나리에서 氣孔의 分化가 신속하게 일어나며 孔邊細胞(guard cell)의 生長이 葉伸長에 따라 크게 일어나지 않음을 의미한다고 보여진다.

주목의 경우, 單位葉面積當 氣孔數에서 5月 6日 測定에서  $214/\text{mm}^2$  이었으며 鈎葉伸長에 따라 조금씩 줄어들어 7月 28日에는  $162/\text{mm}^2$  이었으며, 7月 28日 2年生 鈎葉에서는  $138/\text{mm}^2$  으로 나타나 常綠針葉樹인 주목은 鈎葉伸長이 계속되는 동안 조금씩 氣孔密度가 減少하였으나, 개나리의 경우에서 보다는 서서히 減少하는 것으로 나타났다. 한편, 氣孔長의 경우는 5月 6日에는  $32.4 \mu\text{m}$  였으며, 7月

28日에는  $42.7 \mu\text{m}$  였고, 7月 28日에 測定한 2年生 鈎葉에서는  $48.4 \mu\text{m}$  로 나타났다. 이러한 점은 주목의 경우 鈎葉伸長에 따라 孔邊細胞(guard cell)가 계속해서 生長하는 것으로 판단되며, 이러한 結果는 개나리의 경우와 크게 다른 점이었다. 주목의 경우에서도 氣孔形質을 利用한 研究에서는 鈎葉의 年齡, 採取部位, 標本數 등에 세심한 주의가 필요하리라 보여진다.

## 引用文獻

- 權琦遠. 1982. 土壤水分 stress에 따른 雜種 poplar의 水分生理 및 生育反應. 서울大 博士學位論文. 78pp.
- 金守仁. 1986. 韓國產 叉り屬의 系統分類學的研究. 서울大 博士學位論文. 79pp.
- 金鼎錫, 李錫求. 1972. 自然 4倍體 아까시나무(*Robinia pseudoacacia* L.)의 形態學의 및 細胞學的 特性. 林木育種研報. 10: 57-65.
- 金智文, 權琦遠, 文興奎. 1984. 참나무 天然集團의 氣孔形質變異. 韓林誌. 42: 1-38.
- 朴光禹, 金三植. 1984. 韓國產 단풍나무屬의 形態 및 解剖學的研究. 韓林誌. 64: 52-63.
- 孫斗植, 金光洙. 1986. *Populus alba* × *populus glandulosa* 및 交配兩親樹의 氣孔頻度, 氣孔크기 및 水分蒸散의 變異와 遺傳. 韓林誌. 75: 51-54.
- 任慶彬. 1979. *Ilex* 屬 樹木의 遺傳變異分析과 造景學의 利用價值의 調査研究. 韓林誌. 42: 1-38.
- Carlson, Jr. J. R., R. L. Ditterline, J. M. Martin and R. E. Lund. 1981. Sampling stomatal density in alfalfa. Crop Sci. 21: 467-469.
- Cohen, C. J., D. O. Chilcote and R. V. Frakes.

1982. Leaf anatomy and stomatal characteristics of four tall fescue selection differing in forage yield. *Crop Sci.* 22: 704-728.
10. Cole, D. F. and A. K. Dobreng. 1970. Stomata density of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Crop Sci.* 10: 61-63.
11. Cowan, I. R. 1977. Stomatal behaviour and environment *Adv. Bot. Res.* 4: 117-228.
12. Cukrova, V. and N. Avratovsckova. 1968. Photosynthetic activity, chlorophyll content and stomata characteristics in diploid and polyploid types of *Datura stramonium* L., *Photosynthetica* 2(4): 227-237.
13. Davis, W. J. and T. T. Kozlowski. 1974. Stomatal responses of five woody angiosperms to light intensity and humidity. *Can. J. Bot.* 52: 1525-1535.
14. Davis, W. J., T. T. Kozlowski and K. J. Lee. 1974. Stomatal characteristics of *Pinus resinosa* and *Pinus strobus* in relation to transpiration and antitranspirant efficiency. *Can. J. For. Res.* 4: 571-574.
15. Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. 2nd ed. John Wiley & Sons. N. Y., 550pp.
16. Farquhar, G. D. and T. D. Sharkey. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33: 317-345.
17. Kozlowski, T. T. 1976. Water relations and tree improvement. Pages 307-327, in *Tree Physiology and Yield Improvement*, Cannell, M. G. R. and F. T. Last (eds.), A.P., N. Y., 576 pp.
18. Meidner, H. and T. A. Mansfield. 1968. Physiology of Stomata. McGraw-Hill, N. Y. 179pp.
19. Metcalfe, C. R. and L. Chalk. 1950. Anatomy of the Dicotyledons. 2 Vols. Oxford. Recited in Anatomy of Seed Plants. K. Esau (ed.).
20. Miskin, K. E. and R. C. Rasmusson. 1970. Frequency and distribution of stomata in barley. *Crop Sci.* 10: 575-578.
21. Ninova, D. and P. Dushkova. 1978. Structural and functional investigations on plants from industrial regions. II. Epidermal stomatographic analysis of woody plants in the region of the D. Blagoev non-ferrous metals combine. *Gorskostopanska Nauka* 15(1): 3-16. From *Forestry Abstract* 39, 4718.
22. Olszyk, D. M. and T. W. Tibbitts. 1981. Stomatal response and leaf injury of *Pisum sativum* L. with SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> exposures. *Plant Physiol.* 67: 545-549.
23. Rentschler, I. 1974. Electron-microscopial investigations on wax-covered stomata. *Planta* 117: 153-161.
24. Tal, M. 1966. Abnormal stomatal behaviour in wilty mutants of tomato. *Plant Physiol.* 41: 1387-1391.
25. Winner, W. E. and H. A. Mooney. 1980. Responses of Hawaiian plants to volcanic sulfur dioxide: Stomatal behaviour and foliar injury. *Science* 210: 789-791.
26. Wong, S. C., I. R. Cowan and G. D. Farquhar. 1979. Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity. *Nature* 282: 424-426.