九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

植物と外界との關係の數量的方法による研究 IV. : 陽地と陰地とに生ずる同種植物の葉の表皮細胞側壁に於ける屈曲度の比較

竹内, 亮
九州帝國大學農學部植物學教室

https://doi.org/10.15017/20808

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 4 (3), pp.191-217, 1931-04. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

植物と外界との關係の數量的方法による研究 IV.

陽地と陰地とに生ずる同種植物の葉の表皮細胞側壁に於ける屈曲度の比較[1]

竹　内　　亮

(昭和五年十二月二十五日受理)

前　が　き

一般に陽地に生ずる植物ど陰地に生ずる植物どの間にはその外的條件の變化に應じて可成明瞭な形態的並びに生理的差異のあるこどはすでに古くから知られて居る事柄であるが (4, 9, 41, 44), 殊に同じ種類の植物の同一個體に於ける陽葉ど陰葉, 或は別の個體に於ける陽地葉ど陰地葉どの形態並びに生理的研究は Stahl 氏 (55) 以來多くの學者の注意をひいて來た (1, 2, 7, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 24, 25, 27, 28, 35, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 61, 65)。それ等先輩の研究によつて陽葉或は陽地葉は形態的に所謂乾性的特徴を示し, 陰葉或は陰地葉は所謂中生的特徴を示すど同時にそれぞれ生理的にも差異の存するこどが一般に認められて來た。どころでそれ等形態的差異は單に外部形態に於てのみならず, 組織的にも可成明瞭な差異のあるこどは云ふ迄もないこどで, 今之れを葉の表皮細胞の形態のみについて觀察するもしばしば意外に顯著なる差異の存するこどを認め得る。特に表皮細胞の水平斷面に於てその側壁が陽葉或は陽地葉では直線狀又は比較的僅かに波狀屈曲をなすに反し, 陰葉或は陰地葉では一般に波狀屈曲の程度が比較的大なるこどは屢々觀察されるどころで (11, 43, 44, 50) その生態學的意義についてもすでに二三の說明が試みられて居る (21, 22, 23, 50, 63).

著者も亦この點に興味を持ち同種植物の葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁が陽地に生ずる個體ど陰地に生ずる個體, 換言すれば同一種類の植物の陽地葉ど陰地葉どに於て如何に屈曲の程度を異にするかを實驗的に觀察し, 更にそれが保有する生態學的意義の一班を考察して見た。從來細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度を表示するに方り多くは單に直線

---

[1] 九州帝國大學植物學教室業績 32 號

的なり，弱く波狀なり，甚しく波狀なり等の抽象的表示の方法が用ひられ數量的表示の方法に於ては不充分であり，從つて差異の程度を充分明確に表示し得ない憾があつた。そこで著者は特に此の點に意を用ひ簡易なる算式によつて數量的に屈曲の程度を表示することを試みた。

この研究は九州帝國大學植物學教室に於て緻纈教授の指導の下に行はれたもので，ここに同教授に對し謹んで感謝の意を表する。

一 研究方法

先づ野生又は半野生の同種の草本及び木本の葉についてその表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の形狀が陽地に生ずる個體に於けるものと陰地に生ずる個體に於けるものとの間に如何なる差異を示すやについて觀察し，次に二三の草本植物について各種類毎に第一に單に被陰の程度を異にする場合，第二に土壤水分に於ける乾濕の差が加はつて居る場合，及び第三に空氣中の濕度の乾濕の差の加はつて居る場合の三段に分けて實驗を試み，其の各場合に於ける葉の表皮細胞の水平斷面の側壁の屈曲の程度について觀察を試み數量的方法によつて其の差異を表示し種々の場合に於て被陰度の差の影響が如何に現はるるやについて觀察する一方，葉の外部形態並びに組織發達の程度の差異との相互關係をも併せ觀察し，葉の形態及び構造との相互關係についても生態學的見地から考察して見た。

葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度を表示するのに數量的方法を用ひたる例は甚だ稀であるが RUDOLF 氏 (50) が比較する細胞斷面と同一高さを有する正方形の側壁の全長を 1 として水平斷面に於て種々の形態の側壁を有する細胞の側壁の長さを比較しその比數によつて側壁屈曲の程度を示したものがあるが，今その方法をそのまま實際的に種々の場合に應用するには可成の缺點がある。そこで此の研究ではその原理に於てはそれと略同様の考へであるが，一層實際的應用範圍の廣いと思はれる方法，即ち

$$m = \frac{L}{L'} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

なる式によつて計算せる値を以て細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度を示すことにし，それによつて數量的に表示せられたる屈曲の程度を特に屈曲度なる言葉で云ひ表はすことにした。この式で m は細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度即ち屈曲度を示し，L は一個の細胞の水平斷面に於ける側壁の實長を示し，L′ はその細胞の實測水平斷面積を圓と見なせる場合の圓周の長さを示せるもので常に m > 1 である。

今一つ試みられたる他の方法，即ち

$$m = \frac{S}{S'} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

によつて表はされる値がある。式中 m は細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度，S は一個の細胞の水平斷面に於ける實測の面積，S′ はその細胞の水平斷面に於ける側壁の實長卽ち實測の周圍の長さを圓周と見なせる場合の圓の面積で常に m＜1 である。

今この二つの式について考察するに（1）式は細胞の水平斷面に於ける側壁の長さの變化に重きを置き，（2）式は面の形の變化に重きを置くの差はあるが結局同一の概念を示すものに他ならない。しかし（1）式の値は屈曲の程度の見かけ上の大小と正比例的に增減することにより實數による比較の場合に便利であるのでこの硏究では總て（1）式のみによることにした。

細胞の水平斷面に於ける側壁の長さ及びその面積の測定は先づカメラルシダによつて適宜に廓大轉寫せられたる圖形により，面積はプラニメーテルを用ひて測り，細胞の水平斷面に於ける側壁の長さは細い木綿糸と編物に使用する先端が僅かに彎曲せる鐵針とを利用して測定したが，この木綿糸使用の方法は一定の注意と熟練とにより充分信賴するに足るものであつて，これによりキルビメーテルの如き曲線測長器を用ふる時の不安を除くことが出來た。

觀察材料はすべて生の材料を用ひ發育盛期にある葉によることとし，常に一枚の葉の中央部に於て中肋と緣邊との中間の表皮をはぎとり鏡檢した。又葉の厚さ，組織發達の程度等の觀察をも同樣の部分に於てなし發育程度並びに位置の異なることから起る誤差（56, 62）を避ける樣につとめた。

而して一枚の葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の計算にあたり細胞數の多少が計算結果に及ぼす影響について少しく吟味して見た。元來同一種類の組織に屬する植物細胞の同一發育期にあるものの形態，大さ等は相互に甚だよく類似するものなることはすでに一般に知られて居る事柄で(54, 64)あるが，その類似の程度が高ければ高い丈上記の計算に於ける基本數が少なくてすむわけであつて，これは實際的に相當重要な事柄である筈である。事實種々の植物の葉の表皮細胞を鏡檢する處によれば同一視野内に現はるゝ同種の細胞の形態及大さ等は可成よく類似するのが見られる。そこで今試みに野生のツバキ 5 株から發育盛期にあつて外形並びに大さの類似せる葉を各一枚づつとり，各一枚の葉の表裏兩面の表皮細胞に於て同一視野内に現はるる細胞の形を見るに，云ふ迄もなく表裏に於て細胞の形狀に著しい差があつて表面は水平斷面に於ける側壁が直線狀であり，裏面は波狀を呈するが，各面に於てはいづれも見かけ上よく類似して居てこれを數量的に表はすためにその中から各

30 個を任意にとり出しその水平斷面に於ける側壁の屈曲度の計算を任意に 5 個づつ 6 組に分けて計算し，その各組の平均値と 30 個の總平均値との間の開きの程度を 30 個の總平均値を 100 とせる場合の比數で見ると（第 1 表）いづれも概して近似せる値を示すことが認められる。

第　1　表

ツハブキの葉の表皮細胞側壁の屈曲度の計算にあたり細胞個數の多少が平均數に及ぼす影響（各葉毎に中央部に於て、はぎとれる表皮組織の一定視野内（直徑 0.31 mm 圓內）に表はるる普通細胞より任意に 30 個をとり出し 5 個づゝの組に分けて計算せり）

葉の個體番號		平均値（30個の）實數	比數	各組の平均値の比數（各30個の細胞の平均を100とせる場合）I	II	III	IV	V	VI	最大値と最小値との差	平均偏差 $\left(\pm\frac{\Sigma d}{n}\right)$
表面	1	1.20	100	99	99	99	99	100	104	5	± 1.33
	2	1.19	100	100	97	99	101	103	100	6	± 1.33
	3	1.19	100	95	97	101	101	104	102	7	± 2.67
	4	1.20	100	98	100	103	97	100	102	5	± 1.67
	5	1.22	100	99	102	99	103	98	99	5	± 1.67
裏面	1	1.52	100	105	103	99	97	99	97	6	± 2.67
	2	1.30	100	103	101	101	98	100	97	4	± 1.67
	3	1.41	100	100	96	100	102	100	102	6	± 1.33
	4	1.32	100	98	103	95	98	103	103	8	± 3.00
	5	1.39	100	100	108	99	99	98	96	12	± 2.67

これによつて少くともツハブキの葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の類似の程度は可成大きいもので細胞の水平斷面の側壁の屈曲度の計算にあたつては比較的多數の基本數によるも又比較的少數の基本數によるもその値は可成近似して來ることになる。そこで此の研究では以上の觀察にもとづいて細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の計算に當り大體細胞の形が互に類似して居る事をたしかめたる後，同一視野から任意に選んだ 5—10 個の細胞を計算の基本數として取り扱ふことにした。

二　野生又は半野生の種々の植物の葉の表皮細胞側壁の陽地に生ずる個體と陰地に生ずる個體との間に於ける屈曲度の差異の觀察

先づ實驗的研究に入るに先立ち野生又は半野生の植物に就いて葉の表皮細胞の水平斷面に

於ける側壁の屈曲度が陽地に生ずる個體と陰地に生ずる個體との間に於て如何なる程度の差があるかを觀察した。イノコヅチ外 15 種の草本及び木本の葉について見るに（第 2 表）各々陽地に生ずるものと陰地に生ずるものとの間に於てそれぞれ屈曲度に明かな差異があつた。卽ち同一個體に於ても一枚の葉の裏面は表面に比して概して表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度が大であるが，しかし又いづれも概して陰地に生ずる個體に於て陽地に生ずる個體のものに比し比較的高い屈曲度の値を示すのが認められる。今 16 種の平均で見ると

第 2 表

種々の野生又は半野生植物の葉の表皮細胞側壁の屈曲度の陰地と陽地とに於ける差異（陽地、陰地各 3 株 9 枚の平均）

葉の表皮細胞側壁の屈曲度

植物名	表面表皮 陽地 實數	表面表皮 陽地 比數	表面表皮 陰地 比數	裏面皮表 陽地 實數	裏面皮表 陽地 比數	裏面皮表 陰地 比數	表裏の平均 陽地 實數	表裏の平均 陽地 比數	表裏の平均 陰地 比數
イノコヅチ	1.23	100	118	1.65	100	118	1.44	100	118
ツハブキ	1.18	100	105	1.47	100	94	1.33	100	99
キツネノマゴ	1.66	100	105	1.75	100	128	1.71	100	117
ノゲシ	1.14	100	124	1.15	100	128	1.15	100	126
ハコベ	1.41	100	136	1.54	100	147	1.48	100	142
スミレ	1.21	100	124	1.47	100	99	1.34	100	111
ヒメスイバ	1.07	100	103	1.17	100	101	1.12	100	102
マツヨヒグサ	1.22	100	116	1.57	100	122	1.39	100	119
ハマヒルガホ	1.17	100	104	1.22	100	99	1.20	100	101
サツマイモ	1.17	100	145	1.25	100	151	1.21	100	148
チドメグサ	1.48	100	96	1.49	100	104	1.49	100	100
トウゴマ	1.31	100	93	1.65	100	106	1.48	100	101
フジ	1.14	100	136	1.25	100	125	1.20	100	130
アオキ	1.31	100	142	1.46	100	120	1.39	100	130
シヒノキ	1.20	100	99	1.31	100	110	1.26	100	104
テリハノイバラ	1.23	100	94	1.17	100	104	1.20	100	99
平均	1.26	100	114	1.41	100	116	1.33	100	116

表面表皮では陽地葉を 100 とすると陰地葉では 114 であり，裏面表皮では陽地葉を 100 とすれば陰地葉では 116 となつた。而して各種類毎に別々に見た場合二三の種類では陰地葉に於て陽地葉よりかへつて僅かに小なる値を示し，或は又陰地葉に於て陽地葉よい高い値

を示すものでも或者では其の差が著しいのに或者ではその差が僅少であつたりするが，それ等の原因についての考察は植物の特性による相違もあり又自然狀態に於ける外的條件の差異が單一でないことなど考へねばならぬわけであるからさしあたりここではふれないで置く。

しかし要するに少數の例外はあるが同一種類の植物の葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の値は陽地葉に比して陰地葉に高いことをこの觀察により略うかがひ知ることが出來るわけである。

三　實驗的研究

A.　被陰度の變化と葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の差異

以上の觀察を基礎として二三の草本植物により尙一層詳細なる實驗的觀察を三段に分けて行つた。卽ち

a)　單に被陰度の差のある場合

先づ普通の砂質壤土を盛れるワグネルポット（$\frac{1}{20,000}$ 反步）を用意し材料植物は陽性中生草本なるマツヨヒグサ，シロバナタンポヽ，及び陰性中生植物なるミヅヒキの 3 種を用ひ，各種類每に同一鉢に 3 株づつを植え，各種類每に 3 鉢づつとし移植後適當に灌水して約一週間露地に放置し充分活着せるを見て被陰度の差を與へるために木枠を蔽ひ，土壤水分は常に適度の濕度を保つ樣に充分注意した。木枠は底部の一邊 55 cm 高さ 136 cm で下部には鉢の高さに相當する高さ 34 cm の腰板を附したもので被陰を附するためには ガーゼを張ることにした。被陰度はこれを三通りに區別し第一は木枠のみのもの（以下被陰度（0）にて示す），第二は二重にガーゼを張れるもの（以下被陰度（2）にて示す），及び第三は四重にガーゼを張れるもの（以下被陰度（4）にて示す）等で，それ等はすべて日當りよき露地に並地せられ雨天の際には雨滴の落下を防ぐために上に防水布の覆ひを施したが他の場合には常に取り去つて裝置全體を充分日光に曝す樣にした。而して前記の被陰度の差はその概念を數量的に明かにするために先づ屢々生態學的觀察に應用せらるゝことのある Wyn's photo-meter（25,39）によつて測定せる光線の强さの差は弱度の曇天に於ける正午の三日間三回の平均は被陰度（0）を 100 とせる比數では被陰度（2）11，被陰度（4）3 なる差となり，又別に深さ 2 cm，直徑 5.3 cm の硝子皿の自由蒸發面に於ける水の蒸發量で見ると（15）

比較的靜穩なる晴天二日間の測定結果を平均せる一日間の蒸發量は被陰度（0）を 100 とせる場合に被陰度（2）37，被陰度（4）18 となりいづれの方法によるも可成明かな差を認めることが出來た。

第 3 表

被陰度の變化による植物の葉の外部形態の差異

（同一株につき三回くり返して實驗し各狀態毎に毎回3株9枚の葉をとりて平均せるものなり）

被陰度及	葉の面積 (cm^2)				葉の厚 (mm)				葉のヘラ形化の程度*			
	(0)		(2)	(4)	(0)		(2)	(4)	(0)		(2)	(4)
植物名	實數	比數	比數	比數	實數	比數	比數	比數	實數	比數	比數	比數
マツヨヒグサ	3.0	100	187	173	0.32	100	91	53	1.40	100	166	505
シロバナタンポポ	2.1	100	257	876	0.18	100	89	67	2.12	100	181	241
ミヅヒキ	25.8	100	240	149	0.26	100	112	85	1.08	100	193	267

* 葉のヘラ形化の程度は葉を横に三等分し基部の面積に對する先端部の面積を示す比數によつて表示し、その數値の大なる程ヘラ形化の程度の大なることを示す

材料植物中マツヨヒグサとシロバナタンポヽとは各同一場所に自生せる略同大のロセットを鉢に移植し，ミヅヒキは前年秋自生地より農學部構内の陰地に移植せるものを新芽の出初める頃鉢に移植したものである。この内ミヅヒキは移植後新芽の開く前に枠を被ひ，又マツヨヒグサ及びシロバナタンポヽは被陰度の差を與ふる際に少數の幼葉を殘してすべて葉をとり去り新しく發育せる葉について觀察した。而して觀察は同一株につき三回繰り返して行つた。卽ち第一回の觀察を終つて後更に少數の幼葉を殘して他の葉をとり去りその後新らしく發育せる葉について第二回の觀察を行ひ更に同樣の處置を繰り返して第三回の觀察を行ひ，毎回一株より 3 枚一鉢より合計 9 枚の葉を用ひたがそれ等の數量的觀察結果は毎回常に略相似て居た。總ての材料を通じ新らしく發育したる葉はそれぞれの被陰度に應じていづれも外形的にも明かな差があつて（第 3 表）三回の平均値で見ると葉の面積については概して被陰度（0）の材料に比して被陰度（2）及び（4）の材料に大きく，厚さに於ては薄いのが見られるが又形に於ては被陰度の增すと共にヘラ形化の傾向が著しく目立つて來る。今それを數量的に表はすために葉柄を加えた葉全體を橫に三等分し，その基部の面積に對する先端部の面積の比數（58）を求むるに，3 種の植物を通じ被陰度の增加に應じて著しく數値を增しヘラ形化の傾向の大なることを數量的に明かにすることが出來た。

以上に示すが如き外部形態の變化と共に葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度が被陰度の增すに從つて如何に變化するかを見るに（第 4 表），三回の平均値で見ると各種類

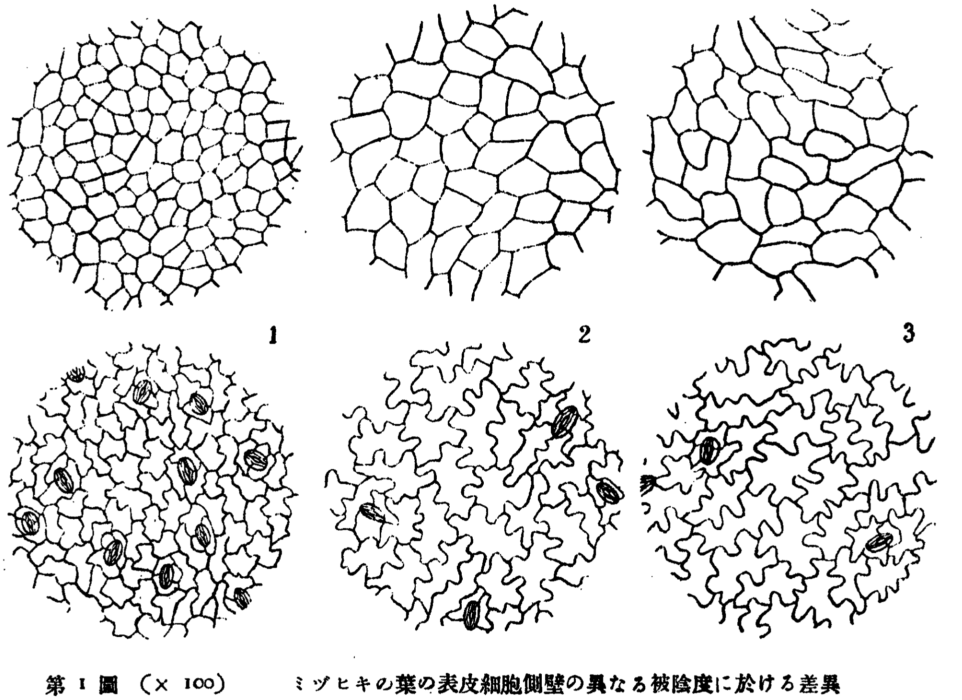
第 4 表

被陰度の變化による植物の葉の表皮細胞側壁の屈曲度の差異

(いづれも同一株につき三回の平均で毎回3株9枚の葉を用ひたり)

被陰度及植物名	表面表皮 (0) 實數	(0) 比數	(2) 比數	(4) 比數	裏面表皮 (0) 實數	(0) 比數	(2) 比數	(4) 比數	表裏の平均 (0) 實數	(0) 比數	(2) 比數	(4) 比數
マツヨヒグサ	1.31	100	116	127	1.74	100	125	136	1.53	100	121	131
シロバナタンポポ	1.28	100	114	163	1.56	100	123	156	1.42	100	112	158
ミヅヒキ	1.09	100	104	111	1.35	100	114	133	1.22	100	110	124

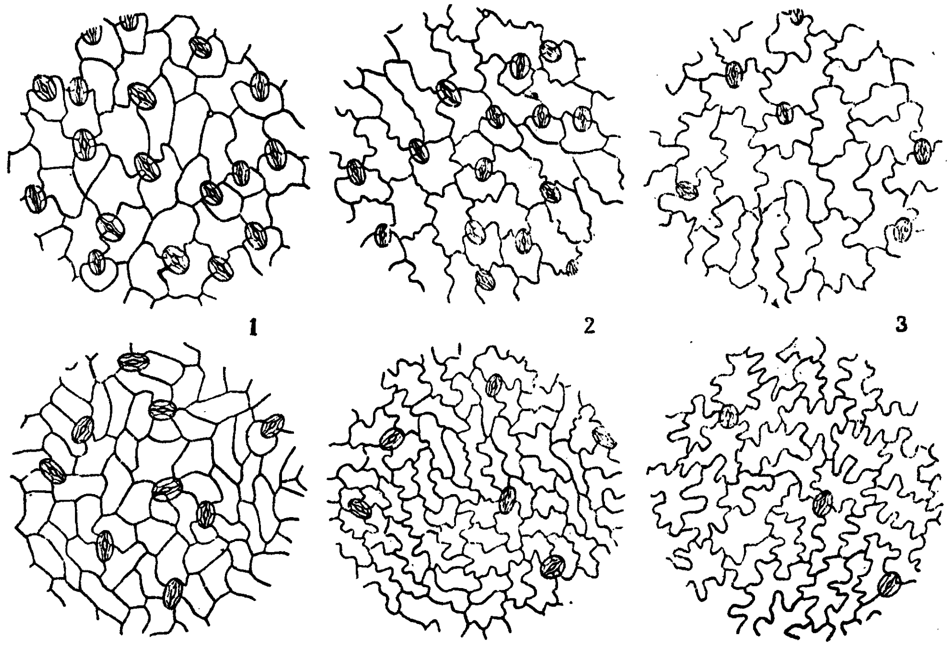
毎に被陰度に應じてそれぞれ變化するのが見られる。又3種の材料植物を通じ同一葉に於ては常に裏面表皮に於て表面表皮よりも細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度が高く，又被陰度の異なるに應ずる變化の程度も表面に比して裏面に於て多少大なる傾向が認められるが，しかしここでは便宜上それ等の細點を一括して一枚の葉の表裏の平均をそれぞれの植物の葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度として比較して見ると，各種類毎に被陰度(0)の材料の場合を100とせる比數はマツヨヒグサでは被陰度(2)の材料では121被陰度4の材



第1圖 (× 100) ミヅヒキの葉の表皮細胞側壁の異なる被陰度に於ける差異

上段：表面表皮；下段：裏面表皮

1, 2, 3 はそれぞれ被陰度 (0), (2), (4) を示す



第２圖（×100）　マツヨヒグサ（上）及びシロバナタンポポ（下）の葉の表面表皮細胞側壁の異なる被陰度に於ける差異
1, 2, 3 はそれぞれ被陰度（0），（2），（4）を示す

料では 131, 又シロバナタンポポでは被陰度（2）の材料では 112, 被陰度（4）の材料では 158, 及びミヅヒキでは被陰度（2）の材料では 110,（4）の材料では 124 なる差異が見られた（第 1 圖及第 2 圖）。

卽ちこれによると 3 種の植物を通じて外部形態的の差異と共に葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度にも甚だ明かな差異があることを示し，通常被陰度の增加と共にその屈曲度は正比例的に增加することが認められるが，その變化の程度は植物の種類によつて差がある。卽ち一枚の葉の表裏の平均値で被陰度（0）の材料を 100 とせる場合に被陰度（4）の材料ではマツヨヒグサ 131, シロバナタンポヽ 158 及びミヅヒキ 124 で變化の程度はシロバナタンポヽに最も大きく，ミヅヒキに最小なることを見た。

b)　土壤水分の乾濕の差の影響を考慮したる場合

前記の實驗に於ては土壤水分はいづれも中庸の狀態に保ちその乾濕の影響については出來る丈之れを避ける樣に注意したのであるが，植物の形態並びに生理が土壤水分の多少によつて可成の程度に影響されることは Rippel 氏（49）及び安田氏（70）等の研究によつてもうかがはれる次第であるから著者はマツヨヒグサを材料として土壤水分の多少が植物の葉の

形態特に表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度に如何に影響するかについて（0）と（2）との被陰度に於てそれぞれ乾燥（乾），中庸（中），及び濕潤（濕）の三狀態に就いて實驗的觀察を試みた。

實驗裝置に於て（乾）は直徑 30 cm 高さ 26 cm の大形素燒鉢を用ひ灌水の程度を極度に制限し，（中）はワグネルポットの下部の孔口を開放したるまま常に適度に灌水し，（濕）はワグネルポットの下部の孔口をゴム栓にて塞ぎ常に充分灌水して土壤表面が常に濕潤に保たれる樣にした。土壤は普通の砂質壤土を用ひ各鉢毎に 3 株づつの植物を植えた。その土壤水分の含有量の差を一例によつて示せば灌水後 24 時間に於て土壤の單位乾量に對する水分含有量を（乾）の場合を 100 とせる比數で示すと被陰度（0）の場合の土壤では（中）213，（濕）480，被陰度（2）の場合の土壤では（中）202，（濕）901 なる差が認められた。

材料植物は野生のものから移植したもので移植後適度に灌水して約一週間露地に置き，充分植物の活着せるを見て少數の幼葉を殘してすべて葉をとり去り，前記實驗裝置の下に新たに發育したる葉について發育盛期にある葉を一株より 3 枚一鉢より合計 9 枚をとつて觀察に供した。觀察は同一株について三回繰り返へして行つた，即ち第一回の觀察を終つて後直ちに再び少數の幼葉のみを殘して葉をとり去り新たに發育せる葉について第二回の觀察を行ひ，更に同樣の處置をして第三回の觀察をなした。

第 5 表

異なる被陰度に於て土壤水分の差の影響ある場合に於けるマツヨヒグサの葉の外形的差異（同一株につき三回繰り返へして平均し各狀態毎に一回の材料は 3 株 9 枚）

a)　土壤水分の含有量の多少による差異

被陰度	(0)				(2)				(0)(2)の平均			
土壤濕潤度	(乾) 實數	(乾) 比數	(中) 比數	(濕) 比數	(乾) 實數	(乾) 比數	(中) 比數	(濕) 比數	(乾) 實數	(乾) 比數	(中) 比數	(濕) 比數
葉の面積 (cm².)	1.9	100	100	126	1.4	100	329	386	1.7	100	194	229
葉の厚 (mm.)	0.35	100	100	89	0.20	100	125	110	0.29	100	103	93
葉のヘラ形化の程度	1.23	100	113	85	2.53	100	111	119	1.88	100	112	112

b)　被陰度の變化による差異

土壤濕潤度	(乾)			(中)			(濕)			(乾)(中)(濕)の平均		
被陰度	(0) 實數	(0) 比數	(2) 比數	(0) 實數	(0) 比數	(2) 比數	(0) 實數	(0) 比數	(2) 比數	(0) 實數	(0) 比數	(2) 比數
葉の面積 (cm².)	1.9	100	74	1.9	100	242	2.4	100	225	2.1	100	181
葉の厚 (mm.)	0.35	100	57	0.35	100	71	0.31	100	71	0.34	100	65
葉のヘラ形化の程度	1.23	100	206	1.39	100	202	1.18	100	255	1.27	100	219

第 6 表

異なる被陰度に於て土壤水分の差の影響ある場合のマツヨヒグサの葉の表皮細胞側壁の屈曲度の差異（同一株につき三回繰返へして實驗し各狀態毎に毎回各３株９枚の平均）

a)　土壤水分含有量の多少による屈曲度の差異

被陰度		(0)				(2)				(0) (2) の平均			
土壤濕潤度		(乾)		(中)	(濕)	(乾)		(中)	(濕)	(乾)		(中)	(濕)
		實數	比數	比數	比數	實數	比數	比數	比數	實數	比數	比數	比數
表皮細胞側壁の屈曲度	表面	1.27	100	98	105	1.44	100	104	103	1.35	100	102	104
	裏面	1.44	100	103	110	1.74	100	97	102	1.59	100	100	102
	平均	1.36	100	101	107	1.59	100	100	103	1.48	100	100	105

b)　被陰度の變化による屈曲度の差異

土壤濕潤度		(乾)			(中)			(濕)			(乾)(中)(濕)の平均		
被陰度		(0)		(2)	(0)		(2)	(0)		(2)	(0)		(2)
		實數	比數	比數	實數	比數	比數	實數	比數	比數	實數	比數	比數
表皮細胞側壁の屈曲度	表面	1.27	100	113	1.25	100	120	1.33	100	112	1.28	100	116
	裏面	1.44	100	121	1.49	100	113	1.59	100	111	1.51	100	115
	平均	1.36	100	117	1.37	100	116	1.46	100	112	1.40	100	114

觀察の結果によると（第 5 表及び第 6 表）三回とも略相似た値を得たが，今その平均で見ると葉の面積は被陰度（0）及（2）の場合共に（濕）に於て最も大きく，被陰度（0）の場合に於ては判然しないが被陰度（2）の場合では（乾）に於て最も小であつた。しかるに葉の厚さは概して（濕）に於て薄い傾向を見たが，又被陰度（2）の場合の（乾）に於ても特に薄いのが見られた。而して葉のヘラ形化の程度は被陰度（0）の場合では（中）に最も大きく（濕）に最小であつたが，被陰度（2）の場合では（濕）に最大で（乾）に最小であるなど，概して外部形態の差異では土壤水分の乾濕の影響に一定の傾向を認めることが困難であつた。さて表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度はここでも便宜上表裏の平均値によつて見るに被陰度（0）及（2）の場合を通じて（濕）に最大で，（中）と（乾）との間には殆んど差が認められなかつた。之れを要するにこの實驗の範圍內では（中）と（乾）との生態的條件の差が僅少であつたであらうため形態的に明かな差を認むる迄に至らなかつた樣であるが，（濕）では可成明かに前の二つの場合と異なり葉は比較的大形且つ薄く充分濕生的傾向（35）を示しその表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度は他の狀態のものに比して大なる値を示した。しかし今之れを被陰度の差に應ずる差異と比較すればその程度は甚だ僅少である。卽ち同一材料につき異なる土壤水分含有量の各々の場合に於ける被陰度の差より來る差異について見るのに，葉の外部形態の差異は概して比較的明瞭を缺くけれども葉の

表皮細胞の水平斷面に於ける屈曲度についてのみ見ればいづれも被陰度(2)の材料に於て著しく高い値を示して居ることは注意すべきことである。

c) 空氣中の濕度の多少の影響を考慮したる場合

Solereder 氏(54)は植物の葉の形態並びに表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の波狀屈曲の程度の變異の原因として空氣中の濕度の多少を可成重要なる要素の一として考へ，又 Wolleny 氏(68)及び Miss Lebedincev(37)は空氣中の濕度の多少が植物の形態及組織に甚だ大なる關係あることを實驗的に證明するところがあつたが，前記の著者の實驗に於て同程度の被陰に於ても土壤中の水分含有量の多い場合に葉形が比較的大きく且つ概して薄くなり，かつ表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度も比較的大なる値を示した。その原因については土壤水分の多少の影響と共に空氣中の關係的濕度の多少の影響についても併せて考慮する必要がある樣である(25)。

第 7 表

硝子枠内の關係的濕度(%)の比較(10時，12時，14時，16時，18時の5回の平均)

被陰度	枠内の狀態	濕度(%) 五月十八日(晴)	五月十九日(晴)	五月廿一日(曇)	五月廿三日(雨)
(甲)(ガーゼなし)	乾	58	60	66	77
	濕	93	91	93	100
(乙)(二重ガーゼ)	乾	59	59	64	78
	濕	93	94	96	100
室內		72	81	82	100

そこで更にマツヨヒグサを材料として主として空氣中の關係的濕度の多少との關係について實驗を行つて見た。實驗裝置としては高さ 61 cm. で 48 cm. 四角の金屬製枠に普通の板硝子をはめた覆蓋で金屬製の 45 cm. 四角の高さ 9 cm. の無蓋の箱を被ひ其の底には 9 cm. の足を附して地上に置き同樣のもの四個を日當りよき露地に並列せしめた。內二個は自由に日光を透過せしめ(甲にて示す)，他の二個は二重ガーゼ製の袋を蔽つて被陰を與へた(乙にて示す)。甲及乙の內各一個は內部の空氣を乾燥狀態に保たしめ((乾)にて示す)，他の各一個は空氣を濕潤狀態に保つ((濕)にて示す)樣に裝置した。卽ち(乾)に於てはすでに實驗的にその効果を證明せられて居る市販のアドソール(31, 32, 33, 34)の約 3500 瓦內外を數個の金網製容器に分けて枠內に裝置し空氣中の濕氣を吸收せしむることとし，二三日毎にあらかじめ乾燥し置けるものととりかへる樣にした。(濕)は底の箱內に深約 6 cm.

に水を盛り其自然蒸發によつて高い濕度を保つ樣にした。斯樣な狀態に保ちたる枠内の關係的濕度は（乾）と（濕）との間に可成明瞭な差を生じ又之れ等と普通室内の濕度と比較するも可成明かな差のあることを認むることが出來て（第 7 表）略目的に適せる狀態を得ることが出來た。

材料植物は前同樣に同一場所に野生せる略同大のロセットを徑 30 cm 高さ 26 cm の釉藥を施せる鉢 4 個に各 3 株づつ移植し適當に灌水して約一週間露地に放置し充分活着せるをたしかめたる後幼葉一二枚を殘して他の葉をとり去り植物の部分丈に小孔を穿てる溶融せるパラフインに浸せる厚紙を以て土壤面を封じて土壤面よりの蒸發を制限したる鉢を枠内の台上に一鉢づつ置いて前記小孔より時々給水しかくして新たに發育せる葉の發育盛期にあるものを一株より 3 枚一鉢より 9 枚をとりて觀察に供した。實驗は前記の土壤中の水分との關係の場合と同樣に同一株につき連續して三回繰り返へして行つたが觀察の結果は毎回相似たものであつた。

第 8 表

異なる被陰度に於て空氣中の濕度の差の影響ある場合のマツヨヒグサの葉の外形的差異（同一株につき 3 回繰返して實驗し各狀態毎に毎回各狀態に於て 3 株 9 枚の材料による平均なり）

a)　空氣中の濕度の多少による差異

被陰度	(甲)(ガーゼなし)			(乙)(二重ガーゼ)			(甲)(乙)の平均		
濕度	(乾)		(濕)	(乾)		(濕)	(乾)		(濕)
	實數	比數	比數	實數	比數	比數	實數	比數	比數
葉の面積 (cm^2)	6.2	100	63	7.4	100	73	6.8	100	69
葉の厚 (mm)	0.25	100	80	0.19	100	100	0.22	100	91
葉のヘラ形化の程度	1.7	100	129	2.2	100	104	2.0	100	115

b)　(甲)(乙)に於ける差異

濕度	(乾)			(濕)			(乾)(濕)の平均		
硝子枠	(甲)		(乙)	(甲)		(乙)	(甲)		(乙)
	實數	比數	比數	實數	比數	比數	實數	比數	比數
葉の面積 (cm^2)	6.2	100	119	3.9	100	139	5.1	100	125
葉の厚 (mm)	0.25	100	76	0.20	100	95	0.23	100	83
葉のヘラ形化の程度	1.7	100	129	2.2	100	105	1.9	100	121

觀察の結果を三回の平均で見ると葉の外部形態については（第 8 表）甲，乙の場合を通じて面積では（濕）に小であり，厚さに於ても同樣であるが，全形のヘラ形化の傾向は（濕）

第 9 表

異なる被陰度に於て空氣中の濕度の差異の影響ある場合に於けるマツヨヒグサの葉の表被細胞側壁の屈曲度の差異（同一株につき3回繰返し毎回同一狀態のものにつき3株9枚の平均なり）

a)　空氣中の濕度の多少による差異

被陰度	（甲）（ガーゼなし）			（乙）（二重ガーゼ）			（甲）（乙）の平均		
濕度	（乾）		（濕）	（乾）		（濕）	（乾）		（濕）
	實數	比數	比數	實數	比數	比數	實數	比數	比數
葉の表皮細胞側壁の屈曲度　表面	1.41	100	106	1.48	100	103	1.45	100	104
葉の表皮細胞側壁の屈曲度　裏面	1.95	100	107	2.08	100	100	2.02	100	103
葉の表皮細胞側壁の屈曲度　平均	1.68	100	107	1.78	100	102	1.73	100	105

b)　（甲）（乙）に於ける差異

被陰度	（乾）			（濕）			（乾）（濕）の平均		
濕度	（甲）（ガーゼなし） （乙）（二重ガーゼ）			（甲）		（乙）	（甲）	（乙）	
	實數	比數	比數	實數	比數	比數	實數	比數	比數
葉の表皮細胞側壁の屈曲度　表面	1.41	100	105	1.49	100	102	1.45	100	103
葉の表皮細胞側壁の屈曲度　裏面	1.95	100	107	2.09	100	100	2.02	100	103
葉の表皮細胞側壁の屈曲度　平均	1.68	100	106	1,80	100	101	1.74	100	103

に比較的大であつた。而して葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度は（第 9 表）表裏共に明かに（濕）に於て大なる値を示し，今表裏の平均値で見ると甲の場合では（乾）100 に對し（濕）107 となり，乙の場合では（乾）100 に對し（濕）102 となつて，乙に於ては甲に比し（乾）（濕）の間の差が稍少ないことが見られた。しかるに被陰度の差から來る差異は甲を 100 とせる場合乙では（乾）106，（濕）101 で濕度の差より來る差異の程度と略一致する。

d)　以上の實驗的觀察の總括

以上三段に分けて行へる實驗的觀察の結果を總括すると葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度は一般的に被陰度の增すと共に增加するが又空氣中の關係的濕度の增加も同樣に可成著しい影響を與ふることが認められた。しかし土壤中の水分の多少はこの實驗の範圍內では特に乾燥の影響を充分認むることが出來なかつたけれども，少くとも濕潤狀態では中庸或は多少乾燥狀態に比して葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度を增加するのが認められた。

以上葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の高いことに伴ひ葉の外部形態の變化

も可成明瞭であつて，概して表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の高いことゝ葉の大形なること，葉質の薄いこと，及び全形のヘラ形化の傾向の大なること等ゝ相伴ふのであるがそれ等の相互關係については改めて後記することにする。

B.　葉の表皮細胞側壁の屈曲度の差異と葉の外部形態並びに組織との相互關係

すでに記した様に被陰度の増加その他の原因はマツヨヒグサ，シロバナタンポヽ及びミツヒキの葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度を増加すると同時に葉の外部形態にも變化のあることを認め得たが，今ここに於ては前記實驗の種々の場合を一括して葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の大小ゝ葉の外部形態並びに組織發達この相互關係について少しく詳細な觀察を試みたい。

第 10 表

葉の表皮細胞側壁の屈曲度と葉の外部形態並びに內部組織との相互關係（各３株９枚の平均なり）

a)　マツヨヒグサ

材料番號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	平均 比數	平均 實數
側壁の屈曲度	121	112	111	109	106	103	98	96	96	92	88	82	82	100	1.66
葉の面積	124	129	134	178	94	149	130	110	33	72	57	45	45	100	4.2 cm².
葉の厚さ	67	75	114	75	79	99	87	99	79	126	123	138	138	100	0.25 mm.
葉のヘラ形化程度	294	97	96	92	90	70	125	116	105	58	49	57	51	100	2.41
柵狀組織の厚	41	53	46	61	64	112	97	98	88	125	158	180	177	100	0.108 mm.
海綿狀組織の厚	131	119	156	119	111	81	83	99	86	96	74	74	71	100	0.142 mm.

b)　シロバナタンポポ

材料番號	1	2	3	平均 比數	平均 實數
側壁の屈曲度	126	95	79	100	1.79
葉の面積	213	63	24	100	8 6 cm².
葉の厚さ	77	98	124	100	0.15 mm.
葉のヘラ形化程度	139	104	57	100	3.68
柵狀組織の厚	112	88	0	100	0.040 mm.
海綿狀組織の厚	86	89	125	100	0.110 mm.

c)　ミツヒキ

材料番號	1	2	3	平均 比數	平均 實數
側壁の屈曲度	111	99	90	100	1.36
葉の面積	92	147	61	100	42.0 cm².
葉の厚さ	79	99	122	100	0.25 mm.
葉のヘラ形化程度	143	103	54	100	2.01
柵狀組織の厚	122	111	67	100	0.055 mm.
海綿狀組織の厚	95	103	102	100	0.195 mm.

先づマツヨヒグサについて一枚の葉の表裏兩面の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の平均値ゝ葉の外部形態並びに內部組織發達の程度この相互關係について見るのに，屈曲

度の大なるものは外部形態的には概して比較的に葉の面積が大きく，厚さが薄く，全形のヘラ形化の程度の高いこと共に葉肉部に關しては柵狀組織が薄くなりそれに反して海綿狀組織の厚さを增し，從つて葉肉部組織の密度を減ずることが想像せられる（25, 48, 55, 59)。卽ち第 10 表 a に示されたるが如くマツヨヒグサでは 13 の異なる材料について葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の平均を 100 とせる場合の比數によつて大小の順に排列して見ると葉の面積，葉の全形のヘラ形化の程度，海綿狀組織の厚さ等については各平均を 100 とせる比數では屈曲度の數値の排列と略類似の傾向を示して排列せられ，又シロバナタンポヽ及びミヅヒキの葉に於ても略それと同樣の關係のあることが認められた（第 10 表 b, c）。

而して更に表皮細胞そのものの形狀についても側壁の屈曲度の大小とその細胞の水平斷面積，細胞の厚さ，細胞壁の厚さ等といづれも略一定傾向の相互關係を認むることが出來る（第 11 表）。卽ち上記 3 種の植物に於てシロバナタンポヽを除き他の 2 種では葉の表裏兩面共に表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の增加は概して細胞の水平斷面積を增し（直徑 0.31 mm. の視野內に表はるる細胞數を數へその數の多きは一細胞の水平斷面積の小なることを示し，それに反するときは大なることを示すこととなる（48, 56)），又 3 種を通じて細胞の厚さに於てはその關係が不定であるが細胞壁の厚さでは外壁及び內壁ともに概して薄いことが認められた。しかしここに注意すべきことは第 11 表に於けるミヅヒキて葉の表皮細胞側壁の屈曲度の增加と共に表面表皮細胞の厚さが特に目立つて增して居ることであるが，これはその外壁が凸レンズ狀を呈するによるものであつて，此れも亦被陰度の增加に屢伴ふ一現象である。これと同樣のことはすでに二三の他の陰地植物に就ても觀察せられ（21, 22）賛否の兩論はあるが（36）Haberlandt 氏（22）によりそれが植物の感光器管 (Lichtsinnorgane) として意義あるものとされたものである。

以上を要するに葉の形狀に一定傾向の變化ある外又表皮細胞自身も概してその大さを增し，細胞壁の厚さを減じ，又多くの場合細胞の厚さを減ずることが認められる。從つてそれ等の點を一括して考へると一般に葉の外部形態及び內部組織の軟弱なることと表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の大なることが相伴ふ傾向を示すことが認められる。しかし前記の細部の相互關係は概略の傾向であつて同時に一面に於ては種々の複雜なる原因により必らずしも常に同一傾向の相互關係が成り立つものでないことは云ふ迄もない。

ここに一つつけ加えて置くことは一枚の葉の表裏兩面に於ける表皮細胞の水平斷面に於け

第 11 表

植物の葉の表皮細胞側壁の屈曲度と葉の表皮細胞の大さ、厚さ及び細胞壁の厚さとの關係

植物名	材料番號	表面 屈曲度	表面 一定視野內*の細胞數	表面 細胞の厚さ	表面 細胞壁の厚さ 外壁	表面 細胞壁の厚さ 內壁	裏面 屈曲度	裏面 一定視野內*の細胞數	裏面 細胞の厚さ	裏面 細胞壁の厚さ 外壁	裏面 細胞壁の厚さ 內壁
マツヨヒグサ	1	116	66	100	63	66	120	63	100	52	70
	2	112	88	73	59	59	102	92	79	62	70
	3	108	84	100	86	78	110	83	100	104	87
	4	108	85	103	100	106	102	86	107	104	100
	5	107	130	63	70	78	101	111	62	52	78
	6	106	92	122	100	106	110	97	112	104	125
	7	106	90	117	70	47	106	97	107	62	55
	8	104	78	77	117	78	100	67	90	67	86
	9	103	96	103	82	77	106	81	107	76	86
	10	102	85	83	67	59	105	79	95	67	70
	11	99	108	87	78	106	104	101	84	71	87
	12	99	90	122	97	88	99	97	151	100	100
	13	98	72	100	70	66	98	72	78	81	70
	14	93	113	100	100	106	96	122	90	104	117
	15	92	108	156	187	260	88	115	157	210	71
	16	92	150	132	110	88	89	163	118	104	100
	17	92	110	87	136	130	101	127	100	158	140
	18	85	115	82	136	130	87	113	73	143	156
	19	78	146	83	172	172	76	134	90	181	132
平均	比數	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	實數	1.43	50	0.020 mm	0.0026 mm	0.0017 mm	1.98	44	0.018 mm	0.0021 mm	0.0013 mm
シロバナタンポポ	1	130	59	72	63	67	123	56	79	80	72
	2	91	115	112	113	107	98	112	93	98	85
	3	79	126	116	134	126	79	132	128	122	143
平均	比數	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	實數	1.61	68	0.018 mm	0.0018 mm	0.0010 mm	1.97	73	0.014 mm	0.0011 mm	0.0008 mm
ミゾヒキ	1	106	72	107	82	84	115	63	106	76	75
	2	99	78	107	93	91	99	73	97	89	104
	3	95	150	86	125	125	86	164	97	135	121
平均	比數	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	實數	1.14	88	0.032 mm	0.0018 mm	0.0014 mm	1.56	77	0.024 mm	0.0015 mm	0.0011 mm

* 一定視野內（徑 0.31 mm）に表はるゝ細胞數の大なるは一個の細胞横斷面積の小なることを意味しそれに反する場合は大なることを意味す

第 12 表

一枚の葉に於ける表裏の表皮細胞側壁の屈曲度及び一定視野内（徑 0.3/mm）の細胞數、細胞の厚さ及び細胞壁の厚さの比較

植物名	屈曲度 表面	屈曲度 裏面	一定視野内の細胞數 表面	一定視野内の細胞數 裏面	細胞の厚さ 表面	細胞の厚さ 裏面	細胞壁の厚さ 表面	細胞壁の厚さ 裏面
マツヨヒグサ	100	139	100	88	100	90	100	76
シロバナタンポポ	100	122	100	108	100	78	100	76
ミヅヒキ	100	137	100	88	100	75	100	75

る側壁の屈曲度の差異である（第 12 表）。野生又は半野生植物の場合でも認められた樣に又前記マツヨヒグサ外 2 種の草本による實驗的觀察に於ても被陰度の差に關係なく裏面の表皮細胞は表面のそれに比し側壁の屈曲度が大である（第 2 圖及第 3 圖）。そこで今表皮細胞の形狀について見るこ概して一個の細胞の水平斷面積はシロバナタンポヽを除き大きく，かつ裏面の細胞は表面に比して薄く同時に細胞壁の厚さをも減じて居て異なる個體間の葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の差異ある場合の關係こ一致するここがわかるが，それには少くこも一部の原因こして表面こ裏面こに於ける位置に起因する外的條件の差異こ共に葉肉部組織この接觸の疎密こ云ふここをも同時に考ふる必要があるであらう。

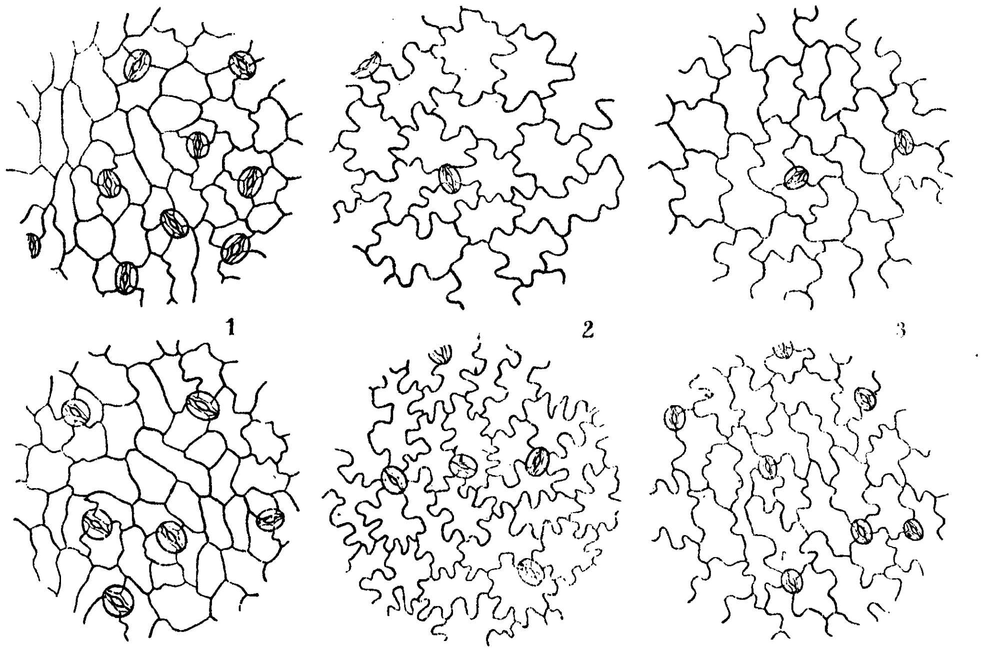
四　考　察

植物の葉の表皮細胞の形狀特に側壁の形狀についてはすでに Solereder 氏 (54) も注意した樣にしばしば分類學的見地から見て可成意義あるものであつて此の方面に注意を向けた學者も少なくない (3, 6, 14, 16, 17, 26, 29, 30, 51, 52, 53, 56, 65) が，一方又それが外界の形態に應じて可成著しく變化するものであるここも既知の事實である (1, 2, 5, 7, 11, 12, 19, 25, 42, 43, 56, 69,)。

すでに Dufour 氏 (11) は陽地こ陰地に於て同一種類の植物の葉の形態並びに組織には可成著しい差異があるこ同時に，その表皮細胞の水平斷面に於ける側壁は概して陽地では直線狀であるのに對し，陰地では種々の程度に明かな波狀屈曲をなす傾向を認めたのであるが，Solereder 氏 (54) は葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の波狀屈曲の程度は陰地に於て陽地のものより大であるけれごもこれは日光直接の影響であるよりはむしろ空氣の關係的濕度の増加に由來するこ考え，又 Damm 氏 (8) は表皮細胞上壁の厚さが擔荷抵抗 (Tragfestigkeit) の大小こ重大なる關係のあるここを實驗し，Haberlandt 氏 (23) は表皮細胞の側壁

の波狀屈曲をなせるこゝは表皮細胞相互の結合を强固にするこ共に裂開抵抗度を增すこゝに與つて力があるものこなし，VESQUE 氏（62）は表皮細胞の側壁の波狀をなすこゝは細胞の量的變形の緩和に關係があつてそれにより水分の增減による細胞の形態的變化の異常を緩和するものこなし，又 RUDOLF 氏（50）は種々の習性の植物の表皮についてクチクラ蒸散作用を觀察し該作用には主こして表皮上面の性狀が重大なる意義を有し側壁の形狀は細胞相互間の水分の透過を容易ならしむるこ同時に葉の機械的强固性を增すこゝに意義があるこする HABERLANDT 氏の說に同意して居る。

今著者は葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁について從來多く抽象的に云ひ表はされて居た屈曲の變化の程度を數量的に表示したこゝによりその結果に於て概して前記諸學者の歸結こ同樣ではあるが更に比較的微細なる差異をも明瞭に數量的概念を以て表示し得られたのであつた。卽ち第一に被陰度の增加に應じて屈曲度を增加する傾向を有し，又土壤の濕潤及び空氣中の關係的濕度の增加も略同樣の傾向を示すが同時に葉の外部形態及び組織發達の程度にも明かな差があつて概して被陰度及び土壤水分の增加に應じて葉の面積を增し，厚さを減じ，全形のヘラ形化の傾向を增し，又同時に表皮細胞自身も細胞の大さを增し，細胞壁の厚さを減じ，又普通の場合には細胞の厚さを減ずる一方柵狀組織の厚さを減じ，反對に海綿狀組織の厚さを增して葉肉部全體の組織的密度を減ずるが，同時に表皮組織內側の接觸面積を減ずるこゝを想像し得る筈である。唯空氣中の關係的濕度この關係ではマツヨヒグサに於ては濕度の增加はかへつて葉の面積を減じて居るが，全形のヘラ形化の傾向は特に著しいものがあつた。從つて異常に密なる葉脈の分布或は又表皮細胞外壁の異常なる肥厚等の場合を外にしては葉の形狀及び組織に於て一層軟弱こなり，形態上特に風の動搖等の外力に抗するためには裂開抵抗度を高むるこゝが都合のいゝわけで，こゝに葉の表皮細胞側壁の屈曲度の增加の生態學的意義の一部的重要さをもつこ考へられ，從つて HABERLANDT 氏の說にも多少の意義があり，又 VESQUE 氏の云へるが如き表皮細胞或は表皮組織の形態の保持に役立つこ云ふ說，及び RUDOLF 氏の表皮細胞相互間の水分の透過を促進するこ云ふ說にも同樣にそれぞれ一部の意義をもつものこ考へられる。しからば如何なる機構によつて葉の表皮細胞側壁の屈曲の多少の差が生ずるかに關しては又別の問題こして考察すべき性質のものであるが，少くこも葉の形態及び組織を支配するあらゆる生理生態的條件に關係がある筈である。しかし一定度以上の被陰はかへつて葉の外部形態並びに組織の發達を抑制し（46, 65, 66, 67）從つて表皮細胞側壁の屈曲度に於ても陽地のものこ大差がないこゝがしばしば觀察される。



第 3 圖 (× 100) ダルマギク(海岸生陽性乾生植物)の葉の表皮細胞
側壁の異なる被陰度に於ける差異
上段：表面表皮；下段：裏面表皮
1, 2, 3 はそれぞれ被陰度 (0), (2), (4) を示す

かゝることの觀察される被陰の程度は植物の種類によつて異なり，今回主として實驗に用ゐたる三種の中生植物ではいづれも (0), (2), (4) 三通りの被陰度に應じ葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度は正比例的に增加したが，別に觀察したる鹽生植物，陽生の乾生植物，陽生の多肉植物及び陽性の禾本植物等の日光需用量が大きいと考へられる數種の草本では比較的低い程度の被陰に於てもすでに植物の生長の不良を來し，(28, 65, 66, 67)，從つて强度の被陰では葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度も比較的低い値を示した(第 3 圖)(第 13 表) 之れは又一面見地をかへて云へばそれぞれの植物に關する Alexandrow 氏 (1, 2) の所謂組織の成型性 (Plastizität) の大小に關するものとも云へる。

これを要するに今回著者がなしたる硏究に於ては從來概して抽象的に取扱はれて居た葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度を簡易なる算式によつて數量的に取扱つた屈曲度なる概念によつて表示したるがため，從來のこの種の硏究に比して一層微細なる差異をも數量的に表示し得たのであつて，これによつても著者が從來種々の點に於て試み來れるが如き簡易なる數量的表示の方法が (57, 58, 59) 植物生理學或は生態學的硏究に可成な意義

を有するものであるこさを認めたいこ思ふ。

第 13 表

二三の強き陽性草本の葉の表皮細胞側壁の屈曲度並びに葉の外形の被陰度の强弱による差異 (各 3 株 9 枚の平均) (括弧内は實數)

植物名	被陰度	表皮細胞側壁屈曲度 (表裏の平均)	葉の面積 cm².	葉の厚さ mm.	葉のヘラ形化の程度
ハマサジ (鹽生植物)	(0)	100(1.10)	100(2.9)	100(0.027)	100(2.3)
	(2)	112	172	85	274
	(4)	0	0	0	0
フジナデシコ (海岸乾生植物)	(0)	100(1.29)	100(4.4)	100(0.065)	100(2.3)
	(2)	126	127	43	274
	(4)	97	23	34	174
ダルマギク (海岸乾生植物)	(0)	100(1.24)	100(4.0)	100(0.045)	100(9.7)
	(2)	143	113	58	123
	(4)	115	50	47	55
ツルナ (鹽生植物)	(0)	100(1.13)	100(8.9)	100(0.065)	100(2.8)
	(2)	106	233	60	121
	(4)	100	66	48	254
メヒヂハ (陽生禾本)	(0)	100(1.27)	100(8.3) *	100(0.014)	—
	(2)	123	28	79	—
	(4)	0	0	0	—

* 葉面の長さにて示す

五 摘 要

1, 本研究は從來知られて居る葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の形狀が陽地に生ずる個體こ陰地に生ずる個體こで波狀屈曲の程度の異なるこ云ふ事柄につき, 從來主こしてその屈曲の程度を抽象的に表示して居たのに對し數量的方法によつて實驗的に種々の異なる程度の被陰に於ける葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度の變化を觀察するこ共に葉の外部形態並びに組織發達の程度の變異この相互關係を考察し, 同時に單に被陰度の大小この關係のみならず土壤水分の多少の影響並びに空氣中の濕度の多少の影響この關係の實驗をも併せ行ひそれぞれの影響について考察した。

2，葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲の程度を數量的に取扱つたもの卽ち屈曲度を表はすために次の式によつて計算した，卽ち

$$m = \frac{L}{L'}$$

式中 m は屈曲度，L は表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の實長，L′ はその細胞の面積を圓と見なせる場合の圓周の長さであつて常に m > 1 である。

3，測定は一枚の葉の中央部の中肋と緣邊との中間部の表皮組織をはぎとりカメラルシダによつて適當に廓大轉寫されたる圖形により，L は細い木綿糸と先端の僅かに彎曲せる編物用の鐵針とにより，L, はプラニメーテルによつて測定した。

4，實驗は之れを三段に分けて行ひ，第一は單に被陰度を異にする場合，第二は土壤水分の乾濕の差の影響を考慮したる場合，及び第三は空氣中の濕度の差の影響を考慮したる場合とについてそれぞれ觀察した。

5，單に被陰度を異にする場合としてはマツヨヒグサ，シロバナタンポポ及びミゾヒキの3種について觀察したが，その結果は葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度はいづれも被陰度の增加に伴ひ正比例的に增加するのが見られ，同時に外部形態的には概して全形がヘラ形化する傾向が大となり，又組織的にも葉が薄くなり柵狀組織の厚さを減じ，海綿狀組織の厚さを增し，表皮細胞の厚さを減じ，又細胞壁の厚さを減少するのが見られた。

6，土壤水分の乾濕の差の影響が加はる場合については マツヨヒグサについて過度の濕潤は然らざる場合に比して葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度を增加したるが，その程度は著者の實驗の範圍内では餘り顯著なるものではなかつた。しかし被陰度の差の影響のみについては甚だ著しいものがあつた。

7，空氣中の濕度の多少は葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度に可成明かに影響を及ぼしマツヨヒグサによる實驗によれば濕度の增加は被陰度の增加と殆んど同程度に影響することが觀察された。

8，葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の大小と葉の外部形態並びに組織發達の程度との間には可成密接なる相互關係があつて屈曲度のより大なる場合と概して葉の面積の大なること，葉の厚さの薄いこと，全形のヘラ形化の程度の大なること，海綿狀組織の發達が比較的著しく，葉肉部組織の密度を減ずること等が相伴ふと同時に表皮細胞自身に於ても形の大なること，細胞の厚さの薄きこと，及び細胞壁の薄きこと等が相伴ふことを觀察することが出來，一般的に葉質の軟弱なることと表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の

大なることとが相伴ふ如くである。

9，以上の様な外的條件の差異に應ずる葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度の變異の程度は植物の種類の異なるに從つてその表はれ方に可成の差異があつて，概して強度の陽性植物では比較的弱い程度の被陰でもすでに生長の不良を來して，葉の表皮細胞の側壁の屈曲度はむしろ甚だ低い値を示す樣なことも屢々觀察された。

10，以上の結果に於て著者は特に葉の表皮細胞の水平斷面に於ける側壁の屈曲度が外界の條件特に日光の強弱に應じて變化することを前記の如き簡易なる算式により計算することによりてその變化程度の差を數量的に取扱ひ比較的微細なる差異をも數量的に表示し得たのである。

（1930年11月 九州帝國大學植物學教室に於て）

文 獻

1. ALEXANDROW, W. G., Ueber Plastizität der Blattstruktur krautartiger Pflanzen. Bot. Arch. Bd. 12. 203-225. 1925.
2. ALEXANDROW, W. G., Zur Frage nach Grad der Plastizität des Blattes und nach der Entstehung der xeromorphen Strucktur. Bot. Arch. Bd. 18. 282-287. 1927.
3. ANDREW, F. M., Die Anatomie von *Epigaea repens* L. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 19-I. 314-320. 1906.
4. BENECKE, W. und JOST, L., Pflanzenphysiologie. Bd. 2. 4 Aufl. Jena. 1913.
5. BODMER HELEN. Beiträge zur Anatomie und Physiologie von Lythrum Salicaria L. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 45. 1-58. 1928.
6. BORODIN, J., Zur vergleichenden Anatomie der Chrysosplenium-Blätter. Bot. Centrbl. Bd. 19. 291-293. 1884 (Arbeit. St. Petersb. Naturf-Ges. Bd. 16. 1. 32-46. 1883).
7. BRIGHT, D. N. F., The Effects of Exposure upon the Structure of certain Heath-Plants. Journ. Ecol. Vol. 16. 323-365. 1928.
8. DAMM, O., Ueber den Bau, die Entwicklungsgeschichte und die Mechanischen Eigenschaften mehrjähriger Epidermen bei den Dicotyledonen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 11-II. 219-260. 1901.
9. DIETRICH, MAREI, Die Transpiration der Schatten- und Sonnenpflanzen in ihren Beziehungen zum Standort. Jahrb. Wiss Bot. Bd. 65. 98 194. 1925.
10. DOI, T., Ueber die Sonnen- und Schattenblätter einiger Bäume. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo. Vol. 40. Pt. 1. 1-37. 1917.
11. DUFOUR, L., Influence de la Lumiereur sur la la forme et la Structure des Feuilles. Bot. Centrbl. Bd. 33. 134. 1888 (Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 7. I. 5. 311-413).
12. FABRICIUS, MAX., Beiträge zur Laubblatt-Anatomie einiger Pflanzen des Sychellen mit Berücksichtigung des Klimas und des Standortes. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 12. 304-342. 1902.

13. FARENHOLTZ, H., Ueber den Einflusz von Licht und Schatten auf Sprosse von Holzpflanzen. Beih. Bot. Centtrbl. Bd. 31-I. 90-118. 1914.

14. FRITSCH, K., Anatomisch-systematische Studie über die Gattung Rubus. Bot. Centrbl. Bd. 36. 139. 1888 (Stitzungsber. Keis. Akad. Wiss. Wien. Mathem-Naturw. Cls. Bd. 95. 1887).

15. FUKAKI, S. (深城貞義), 稻の分蘖に關する研究. 第一報. 九大. 農. 學藝. 第 2 卷. 339 365. 1927.

16. GEMOLL, K., Anatomisch-systematische Untersuchung des Blattes der Rhamneen aus den Triben Rhamneen, Colletieen und Gonanieen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 12. 351 424. 1902.

17. GILG, E., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der xerophilen Familie der Restiaceae. Sond. Abdr. Engl. Bot. Lahrb. Bd. 13. Berlin. 1891.

18. GOEBEL, H., Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse. I Teil. Jena. 1905.

19. GOEBEL, H., Organographie der Pflanzen. 3 Teil. 1 Heft. Jena. 1922.

20. GROSGLICK, S., Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung des Assimilationgewebes. Bot. Centrbl. Bd. 20. 374-378. 1884.

21. GUTTENBERG, H., Die Lichtsinnorgane der Laubblätter von *Adoxa Moschatellina* L. und *Cynocrambe Prostrata* Gärtn. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 23. 265-273. 1905.

22. HABERLANDT, G., Zur Physiologie der Lichtsinnorgane der Laubblätter. Jahrb. Wiss. Bot. Bd. 46. 377-417. 1909.

23. HABERLANDT, G., Physiological Plant Anatomy. Engl. Transl. by Dr. Drumond. London. 1904.

24. HANSGING, A., Grundzüge zur Biologie der Laubblätter. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 25-I. 137-182. 1910.

25. HASSELBRING, H., The Effect of Shading on the Transpiration and Assimilation of the Tobacco Plant in Cuba. Bot. Gaz. Vol. 57. 257-286. 1914.

26. HERZOG, T., Anatomisch-systematische Untersuchung des Blattes der Rhamneen aus den Triben: Ventilagineen, Zizypheen und Rhamneen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 15. 95 201. 1903.

27. HESSELMAN, H., Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 17. 311-460. 1904.

28. HOFMANN, ELISE, Der Ausdruck Optimalen Lichtgenusses im Blattbau der Pflanze. Bot Arch. Bd. 17. 288-296. 1927.

29. HÜHNER, P., Vergleichende Untersuchungen über die Blatt- und Achsenstruktur einiger australischen Podalyrieen Gattugen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 11-II. 143-217. 1901.

30. HÜLLER, G., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Polemoniaceen. Beih, Bot. Centrbl. Bd. 21.-I. 173-244. 1907.

31. ISOBE, H. (礒部甫), アドソールに關する研究. 其二. 理研. 彙報. 第 2 輯. 548-560. 1923.

32. 〃 〃, 〃, 同 上 其三. ibid. 第 3 輯. 319-340. 1924.

33. 〃 〃. EBIHARA, S. (海老原宗太郎) 同 上 其一. ibid. 第 2 輯. 542 547. 192 .

34. 〃 〃. 〃, 〃, 〃, 同 上 其四. ibid. 第 3 輯. 451 478. 1924.

35. JOHOW, FR., Ueber die Beziehungen einiger Eigenschaften der Laublätter zu den Standortsverhältnissen. Sondr. Abdr. aus Jahrb. Wiss. Bot. Bd. 15. 2. 1884.

36. KOKETSU, R., (纐纈理一郎), 植物の光線感受器問題の現今に於ける趨勢. 植物學雜誌. 第 28 卷. 23. 1914.

37. LEBEDINCEV, ELIZ., Physiologische und anatomische Bensonderheiten der in trockener und in feuchter Luft Gezogenen Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 45. 83-96. 1927.

39. MAC DOUGAL, D. T., The Influence of Light and Darkness upon Growth and Development. Bot. Centrbl. Bd. 22, 1903 (N. Y. Bot. Gard. Vol. 2. 1-319).
40. MARKGRAF, F., Kleines Prakticum der Vegetationskunde. Berlin. 1926.
41. MIRUNOFF, A., Einfluss des Lichtes und der Feuchtigkeit auf die Zusammensetzung der Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 25. 507-509. 1917.
42. NEGER, W., Biologie der Pflanzen. Stuttgart. 1913.
43. NORDHAUSEN, M., Ueber Sonnen- und Schattenblätter. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 21. 30 45. 1903.
44. NORDHAUSEN, M., Ueber Sonnen- und Schattenblätter. ibid. Bd. 30. 483-503. 1912.
45. PALADIN, V. J., Plant. Physiology. Edit. by Livingston, B. E. Philadelphia. 1917.
46. PAULMANN, R., Ueber die Anatomie des Laubblattes. Flora. N. F. 7. 227-258. 1915.
47. PFEIFFER, N. E., Microchemical and Morphological Studies of Effect of Light on Plants. Bot. Gaz. Vol. 81. 173-195. 1926.
48. PFEIFFER, N. E., Anatomical Study of Plants grown under Glasses transmitting Light of various Ranges of Wave Lengths. Bot. Gaz. Vol. 81. 173 195. 1926.
49. PICK, H., Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestalt und Orientirung der Zellen des Assimilationsgewebe. Bot. Centrbl. Bd. 11. 400-406, 438 446, 1882.
50. RIPPEL, A., Der Einflusz zer Bodentrockenheit auf der anatomischen Bau der Pflanzen, inbesondere von Sinapis alba L. und die sich daraus ergebenden physiologischen und entwicklungsgeschichtlichen Fragen. Zeits. Bot. Bd. 12. 465-469. 1925 (Beih. Bot. Cent. Bd. 36 I. 187. 1919).
51. RUDOLPH, K., Epidermis und epidermale Transpilation. Bot. Arch. Bd. 9. 49-94. 1925.
52. SCHMIDT, W., Untersuchungen über die Blatt- und Samenstruktur bei den Loteen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 12. 425-482. 1902.
53. SCHROEDER, A., Amatomische Untersuchung des Blattes und der Axe bei den Liparieae und Bossiaeae (Trib. Genisteae). Beigh. Bot. Centrbl. Bd. 11. 368-417. 1901-1902.
54. SCHULZE, H., Beiträge zur Blattanatomie der Rutaceen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 12. 55-98. 1902.
55. SOLEREDER, H., Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart. 1899.
56. STAHL, E., Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Just's Bot. Jahresb. 1883. II. 425 (Zeits. Nat. Bd. 16. N. F. 9. 1. 2.)
57. STOBER, J. P., A Comparative Study of Winter and Summer Leaves of various herbs. Bot. Gaz. Vol. 63. 89-109. 1912.
58. STREICHEN, O., Beiträge zur vergleichnden Anatomie der Vicieen. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 12. 483-538. 1902.
59. TAKENOUCHI, M. und KOKETSU, R., (竹内亮, 纐纈理一郎), 植物と外界との關係の數量的方法による研究. I. 九大. 農. 學藝. 第 1 卷. 149-168. 1925.
60. TAKENOUCHI, M., (竹内亮). 同 上 II 九大. 農. 學藝. 第 2 卷. 213-231. 1927.
61. „ „, 同 上 III 九大. 農. 學藝. 第 3 卷. 263-286. 1929.
62. TAUBER, F., Beträge zur äusseren und inneren Morphologie der Licht- und Schattenadeln bei der Gattung Abies. Bot. Centrbl. N.F. Bd. 10. 4. 1927 (Mitt Deutsch. Dendral Ges. 206-252, 1926).
63. VESQUE, J., Sur les Causes et sur les Limites des Variations des Structure des Vegétaux. Bot. Centrbl. Bd. 18. 259 262. 1884 (Ann. Agron. Tom. 9. 481-510, Tom. 10. 14-32.).
64. VOLGER, P., Die Variation der Blattspreite bei Cytisus laburnum L. Beih. Bot. Centrbl. Bd. 27-I. 391-437. 1911.
65. WARSOW, G., Systematisch-antomische Untersuchungen des Blattes bei der Milchsaftelemente. Beih.

Bot. Centrbl. Bd. 15. 493-601. 1903.

66. WIESNER, J., Formänderungen von Pflanzen bei Cultur im absolut feuchten Raume und im Dunkeln. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 9. 46-53. 1891.

67. WIESNER, J., Photometrische Untersuchungen auf Pflanzen-physiologischen Gebiete. Sitzungb. Keis. Akad. Wirs. Wien. Bd. 102. 291-350. 1893.

68. WIESNER, J., Bemerkungen über den factischen Lichtgenuss der Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 12. elft. Gen. Versamm. 78-89. 1894.

69. WOLLNY, W., Untersuchungen über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum der Pflanzen. Halle. 1898. Bot. Centrbl. Bd. 76. 249. 1889.

70. YASUDA, S. (安田貞雄), 稲の蒸騰作用と通導組織發達との關係. 九大. 農. 學藝. 第 1 卷. 1-199. 1924.

71. YASUDA, S., Petunia violacea ノ受精力に關する生理學的研究. V. 植物學雜誌. 第 42 卷. 317-325. 1928.

INVESTIGATIONS ON THE RELATION BETWEEN PLANTS AND THEIR SURROUNDING CONDITIONS BY THE QUANTITATIVE METHOD. IV. ON THE VARIATION OF WAVYNESS IN THE LATERAL WALLS OF EPIDERMAL CELLS OF LEAVES IN SUNSHINE AND SHADE INDIVIDUALS IN THE SAME SPECIES

(Résumé)

Makoto TAKENOUCHI

The author observed and studied experimentally the degrees of wavyness in the lateral walls of epdernal cells of leaves in sunshine and shade individuals in the same species of several herbs. The degree of wavyness was given in the value calculated by the following formula, namely:

$$m = L : L',$$

Where m denotes the degree of wavyness, L the actual length of lateral wall of a given epidermal cell in horizontal section, and L′ the length of circumference if the section of the cell were a circle.

The principal materials used *Oenothera odorata* JACQ., *Polygonum virgianum* L., and *Taraxacum albidum* DAHLST. During the experiments the materials were shaded with cases covered with cheese cloth. The shadings were in three different grades, namely without covering, moderate shading, and deep shading.

The values of wavyness in all materials were found to increase in proportion to the depth of the shading. In other words, the values calculated by the above mentioned formula denote purposefully the degrees of wavyness of the cell walls.

The author also observed the morphological and anatomical differentiations of the leaves as related to the difference of the shading. It seemed there was an intimate relation between those structural differentiations of leaves and variations of wavyness in the lateral walls of epdermal cells of leaves. They were the more weakly structured on the leaves, in general, in proportion to the larger the values of wavyness in question.