禾穀類の氣孔密度の特殊環境に於ける變化に就いて

(第2報)* **

瀧 口 壯 士

(京都大學農學部作物學研究室)

The change in stomatal density of cereals under different environmental factors (2nd report).

S. Takiguchi.

緒 言

曩に京都大學農學部作物學研究室で、榎本教授指導の下に水稻の氣孔密度に關する研究が進められ、或る葉位に於いて氣孔密度の大小が表裏に依つて轉換することを確認した。小畑氏(1932)⁽¹⁾は、水稻の幼苗では葉の表面が裏面よりも氣孔密度が高く、或る葉位に至つて其の密度が轉換し、裏面が大であることを實驗した。其の後、同研究室に於いて、西村(1933)⁽²⁾、長谷川(1934)⁽³⁾兩氏は、土壤水分の多少及び播種期の早晚が之に及ぶ影響を研究し、氣孔密度は土壤水分の多い場合僅か乍ら大になるも、顯著な差異は認め得ないと結論し、播種期が遅くなると氣孔密度が大になることを觀察した。更に長井、瀧口(1941—1942)⁽⁴⁾は、水稻以外の禾穀類作物の葉位に依る氣孔密度の大小の表裏に於ける轉換の現象の有無を觀察し、次の如き結果を得た。(第1圖參照)(1) 玉蜀黍に於いては終始葉の裏面の氣孔密度が大で、葉位に依る轉換はない(夏型)。(2) 麥類(大麥、小麥)は玉蜀黍とは逆に、終始表面の氣孔密度が大(冬型)。(3) 水稻、高粱は幼時表面、後裏面の氣孔密度が大で、葉位に依る轉換がある(中間型)。而れども、作物の各葉位毎の、又同一葉位に於ける個體別の、氣孔密度及び之の表裏比の値は著しく變化するもの多く、其の原因を究明する爲め、更に研究が進められてゐる。既往の研究の多くは、自然狀態又は之に近い環境に於ける實驗觀察である。本實驗は、氣孔密度に關する實驗の中、特に環境諸要素の影響を究明せんとして、最も著しい影響を與へると考へられてゐる光線を制限し、暗所に生育した禾穀類作物の氣孔密度の變化を觀察したものである。

實驗材料及び實驗方法

1. 實驗材料及び試験區

- a. 供試品種名 (1) 玉蜀黍：ロングフェロー、正定。(2) 高粱：黑穀蛇眼紅、白粘穀。(3) 大麥：畿内46號、ゴールドメロン。(4) 小麥：白キリス3號、軍配。(5) 水稻：走坊主1號、愛知旭。
- b. 試験區：明暗各一區。明區は實驗室内。暗區は大型恒温器内室温。各れも小型ポット、6月29日播種。

2. 實驗方法

- a. 氣孔の觀察法：葉身の中央部を切り取り、2枚のSUMP薄板に挟み直接顯鏡す。視野(1.54mm²)内の氣孔數を以つて本實驗の氣孔密度とする。
- b. 葉面積：葉長と最大葉巾との積を以つて葉面積を代表する。同一品種間の比較には支障なき故である。從而、第1表に於ける氣孔密度と葉面積との積。d及びfは實際の葉面積が葉長と最大葉巾との積の70%乃至80%に相當するものと考へると、d及びfは葉面にある氣孔總數の約2倍に相當する値である。氣孔總數を比較する便宜上、此の値を使用する。

* 昭和24年4月10日第83回講演會に於て發表 同日受理 日本作物學會紀事 第19卷 第1~2號。

** 京都大學農學部作物學研究室業績第 號

第1表 明暗に依る氣孔密度の變化(第1葉のみ)

試験區	a. 品 種 名	b. 葉面積 (mm ²)	c. 表面氣孔密度	d. b×c	e. 裏面氣孔密度	f. b×e	g. 表裏比
明	ロングフェロウ	1037	72.5	75119	85.0	88029	1.17
	黒穀蛇眼紅	153	103.4	15934	97.0	14985	0.94
	畿内46號	734	74.0	54628	66.5	45144	0.83
	軍配	420	56.0	23554	53.6	22479	0.96
	走坊主1號	67	258.4	17349	225.6	25145	0.87
暗	ロングフェロウ	883	69.0	61887	69.0	61909	1.00
	黒穀蛇眼紅	141	125.8	17352	125.5	17408	1.00
	畿内46號	779	69.5	54721	69.0	54178	1.00
	軍配	332	66.0	21946	65.5	21762	0.99
	走坊主	610	331.4	20156	330.2	20084	1.00

第1圖 禾穀類の葉位に依る氣孔密度表裏比の變化

第2表 禾穀類の氣孔密度の表裏比(第1葉)

作物名	暗	明	普通
玉蜀黍	1.00	1.17	1.40
高粱	1.00	0.94	0.80
大麥	1.00	0.83	0.82
小麥	0.99	0.96	0.65
水稻	1.00	0.87	0.85

實驗結果及び其の考察

第1表に示す如く、葉面積及び氣孔密度に就いては、明暗兩區の間に顯著な差異は認められない。最も注目すべきは、暗區に於ける表裏比の値である。之が品種の如何を問はず、何れも 1.00 になつてゐる。尙ほ比較検討する爲めに、普通栽培に於ける之等作物の表裏比の値と對照すれば第2表の如くである。第2表に示す如く、暗區の表裏比は何れも 1.00 であり、明區の夫れは暗區と普通區の中間に位する。此の事より、光線の氣孔密度に及ぼす影響を個々の作物に就いて検討すれば、次の如くである。

a. 玉蜀黍：明區は室内であり、光線は戸外、即ち普通栽培より不足してゐる。表裏比も光度に應じた値を示してゐる。普通栽培に於いては裏面の氣孔密度が著しく大で、明區では此の程度を減じ、暗區では表裏の氣孔密度は等しくなつてゐる。更に、玉蜀黍では表裏比の値の變化し易いことは第1圖に示されてゐる。

b. 高粱：表に示された數字からは玉蜀黍と同様の事が考へられる。然し、同じ中間型作物である水稻より寧ろ夏型である玉蜀黍に近い變化を示してゐる。之は、第1圖に示す如く、高粱の表裏比の變化が水稻の夫れと異つて動き易く、轉換期も水稻より著しく早期である事に依り説明される。水稻に於ける表裏密度の轉換期は6乃至8葉位であり、高粱の夫れは2乃至3葉位である。

c. 大麥：普通區と明區との差が見られない。之は、大麥の氣孔の光線に對する變化が比較的鈍感である爲めと考へられる。此の事は大麥の葉面に於ける氣孔の分布狀態に依り推測される。即ち、大麥の葉面の氣孔の分布は殆ど均等であり、其の配列も又規則正しく、日當日蔭に依る分布の差異、變化は僅少である。普通

栽培に於いても第1圖に示す如く、大麥の表裏比は變化がない。

d. 小麥：大麥とは逆に、明區に於ける表裏比の値は、小麥の普通栽培に於いては見られない高い値を示してゐる。小麥の氣孔の光線に対する變化が鋭敏であり、又顯著である爲めと考へられる。之は小麥の葉面に於ける氣孔の分布状態からも推測されるもので、小麥の氣孔の分布は比較的に整一を缺き、日當り蔭に依る分布の差違、變化は極めて顯著である。更に同一葉面に於いても部分的に著しい氣孔密度の差異が認められる。小麥の表裏比の値が大麥の夫れより動き易い事は第1圖にも示されてゐる。

e. 水稻：大麥と同様に氣孔の特性は比較的に安定してゐる（第1圖參照）。此の事は數次の實驗結果に依り示されてゐる（省く）。又、此の實驗に於ける播種期も、麥類の如く普通栽培の時期と著しく距つてはゐない。從而表裏比の値も、明區と普通區との差は僅少である。

以上の實驗結果の考察に當り、氣孔に關する從來の研究の中、氣孔密度に關するものの概要を次に述べる。

(1) 氣孔密度に就いて：氣孔密度、即ち、一定面積内の氣孔の数は品種の特性と考へ得る程に一定したものであると言はれてゐる [Miller (1931)⁽⁵⁾, Harberlandt (1914)⁽⁶⁾, 永井, 鈴木 (1932)⁽⁷⁾]。同一植物體に於いては、上位の葉程、又一葉中では先端又は周邊に近い程氣孔密度が高い。又、大部分の植物に於いて、葉の表面の氣孔数は裏面の夫れよりも少い。更に、葉の兩面に氣孔のある植物の種類は、葉の裏面にのみ氣孔を有し表面には之を缺く植物の種類より少數である。同一植物に於いては、氣孔密度と氣孔の存する部分の面積との積は一定である [Eckerson (1908, 1923); By Miller⁽⁵⁾]。而し、氣孔密度と蒸散作用との間には何らの關係はない [Kuyper (1915), Munscher (1915); By Miller⁽⁵⁾]。

(2) 氣孔と環境諸要素との關係に就いて：a. 光線：諸種の實驗觀察の結果から見れば、環境諸要素中、光線の影響が最大である。氣孔は原則として、晝間開き夜間閉ぢる。要は、光線に依り開閉細胞の膨壓が高められ氣孔が開張するからである。永井, 今村 (1930)⁽⁸⁾ 兩氏は、水稻の一株中遅く生育した莖の氣孔密度が大である事を觀察し、長谷川氏⁽⁹⁾ は播種期が遅くなると氣孔密度が大になる事を實驗した。Reed, Hirano (1931)⁽⁹⁾ 兩氏は、Citrus spp. に就いて、日當に生育した葉は日蔭に生育した葉より著しく氣孔が多い事を、Clements, Long (1931)⁽¹⁰⁾ 兩氏は向日葵に於いて、光度を減少する事に依り、氣孔密度は著しく低下し、更に或る光度以下に於いては氣孔密度の大小の葉面の表裏に依る轉換を來すのを觀察した。甘蔗に於ても、莖の向日面は蔭の面より氣孔密度が高いと報告されてゐる。

b. 大氣及び土壤の濕度：大氣の濕度及び土壤水分の多少が氣孔密度に及ぶ影響の研究に就いては、其の結果の顯著なものはない。濕度を單獨に、溫度、光度等から切り離して研究する事が困難な故と考へられる。Hirano (1935)⁽¹¹⁾ 氏は Citrus spp. に於いて、(1) 熱帶の Citrus spp. は氣孔密度が大で、(2) 耐寒性のものは之が低く、(3) 春期の降雨は氣孔密度を大にすると述べてゐる。

c. 溫度：溫度は化學的作用の促進、即ち氣孔の開閉等に Q_{10} の法則と同様の影響を與へてゐる。

以上の環境諸要素の考察に當つては、植物自身の特性又は習性とも言ふべきものは、比較的等閑視されてゐる。植物に依り、其の氣孔の開閉の状態、時期等は著しく異つてゐる。之に關して Loftfield (1921) [By Miller⁽³⁾] は植物の氣孔の開閉状態を次の3型に分類してゐる。(1) アルファアルファ型：原則として晝間は開き、夜間は閉ぢる。完全に開く迄に2乃至6時間を要し、3乃至6時間完全に開いてをり、開く時の2倍の時間を要して閉ぢる。晝間何かの原因に依つて閉ぢてゐる場合には、其の程度に應じて夜間に開く。晝間終日閉ぢてゐる状態が繼續する場合には、終夜開いてゐる事がある。(2) 馬鈴薯型：日没後3時間閉ぢてゐるだけで、其の他の時間には常に開いてゐる。(3) 大麥型：禾穀類の典型的なものである。夜間は決して開かない。晝間の開閉は容易で比較的速いであるが、完全に開いてゐる時間は僅かに1乃至2時間で、晝間と雖も開かない細胞が群をなして存在する。

實驗結果より次の事が考察される。即ち、光線に關する限りに於いては：暗所に生育した禾穀類作物の葉面の氣孔密度は表裏相等しい。葉の氣孔密度は、夏型に於いては生育の終始裏面に於いて高く、冬型に於いては終始表面に於いて高く、中間型に於いては、幼時は表面、後期には裏面に於いて高くなる。即ち、冬型より夏型へ移行する。而して、夏型、冬型及び中間型共に其れ等の氣孔密度は光線の影響に依つて變化し、室内光線では何れも其の表裏比は1.00に接近する。禾穀類全般を通じ、暗所に於いて其の表裏比が1.00である事は

第2圖 稻葉斷面

葉面の表裏共相等しい氣孔密度を示す事、換言すれば、表裏同数の氣孔を生ずる能力を有する事で、其の能力が光線に適應して夫々夏型、冬型及び中間型の如く、作物の生育に好都合な表現型を示すものと考へられる。冬作物の蒸散作用、呼吸作用等は夏作物程旺盛ではなく、從而、氣孔數も比較的に少く、又光線を充分に利用すべく、葉の表面の氣孔密度が高く、夏作物に於いては、多數の氣孔を必要とするのも自然である。更に、植物自體の

葉の構造、特に維管束及び機動細胞の分布状態より考へて、葉の表面に於いて氣孔の生じ得る面積は裏面より少であり、氣孔密度が或る程度以上高くなる時は、葉の裏面の氣孔密度が表面のものよりも高くなる事も考へられる(第2圖参照)。

以上は光線に關しての觀察及び考察であり植物の生育に光線と不可分の關係にある溫度及び濕度は考慮に入れてゐない。其れ故、以上の結果を光線に依つてのみ斷ずるのは危険でないとは言へない。又此の實驗は1乃至4葉位迄の觀察であり、之を以て全葉位を推すのも危険である。尙ほ、更に進んで詳細に亘り實驗を繼續する積りである。

摘 要

禾穀類作物の葉の氣孔密度に影響を及す環境諸要素中光線に關しては：

1. 生育の終始裏面が表面より高い夏型作物。
2. 生育の終始表面が裏面より高い冬型作物。
3. 幼時には表面が高く、後に裏面が高くなる中間型作物、の3型がある。
4. 禾穀類作物の氣孔密度は、暗所に生育する場合には、表裏略々相等しく、從而表裏比は何れも1.00に接近する。
5. 以上の事より、禾穀類の氣孔密度に關し、夏型、冬型及び中間型の三つの異つた特性を有するのは之等作物の夫々の光線に對する適應と考へられる。

文 獻

1. 小畑佛：稻に於ける氣孔密度及び大きさに就いて 京都大學農學部作物學研究室 昭和7年
2. 西村文造：水稻に於ける土壤水分の多少に依る氣孔密度の變化 同上 昭和8年
3. 長谷川清三郎：播種期を異にせる水稻の氣孔密度轉換に就いて 同上 昭和9年
4. 長井保、瀧口壯士：禾穀類の氣孔密度に關する一知見 同上及日本作物學會紀事 昭和18年
5. Miller, E. C. : Plant Physiology. Mac Grow-Hill Book Comp. P.308-342., 1931.
6. Harberlandt, G. : Physiological Plant Anatomy. MacMillan Comp., London. P.445-477., 1914.
7. Nagai, I. & Suzuki, M. : On the Leaf Stomata of Rice. Ann. Agr. Exp. Sta. G. G. Chosen., V.6, No.4 : P.338-344., 1932.
8. Nagai, I. & Imamura, A. : Morphology of the "Neck" of the Panicle as Related to the Resistance to Brast Disease in Rice Varieties. Ann. Agr. Exp. Sta. G. G. Chosen., V.5, No.5 : P.299-304., 1930.
9. Reed, H. S. & Hirano, E. : The Density of Stomata in Citrus Leaves. Journ. Agr. Res., 43 : P.209-222., 1921.
10. Clements, L. E. & Long, F. L. : Further Studies of Elongation and Expansion in Helianthus Phytometes. Plant Physiology, 10 : P.687-660., 1935.
11. Hirano, E. : Relative Abundance of Stomata in Citrus and Some Related Genera. Bot. Gaz.,

92 : P. 296-310., 1931.

Summary

1) On the previous paper, we distinguished the following three types of crops, according to the stomatal density on the upper and lower surfaces of leaves :

2) Summer type : The stomatal density on the lower surface of the leaf is always higher than that on the upper.

3) Winter type : The stomatal density on the upper surface of the leaf is always higher than that on the lower.

4) Intermediate type : The stomatal density on the upper surface of the leaf is higher than that on the lower during the younger stage of life, and is lower in the later stage.

5) Among the environmental factors, light, humidity, soil moisture and others, light is most universally responded by stomata. Under the control of light, we observed the change in stomatal density of cereals and found out the following fact.

6) The relative number of stomata on lower to upper surface of the leaf is nearly 1.00, when grown in darkness, notwithstanding species and varieties of cereals.

7) It seems, from the facts shown above, the cereals have ability of producing the same number of stomata on both upper and lower surfaces of the leaf. Adaptation of this ability to the light conditions causes the distinction of the three types ; Summer, Winter and Intermediate types.