

水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係第3報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	石原, 邦 石田, 康幸 小倉, 忠治
巻/号	40巻4号
掲載ページ	p. 505-512
発行年月	1971年12月

水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係

第3報 異なつた葉位の葉身における気孔開度およびその日変化の相違について*

石原 邦・石田康幸**・小倉忠治

(東京農工大学農学部)

緒 言

前報⁵⁾において、水稻葉身における気孔開度の日変化の様相を、展開完了した上位4葉の葉身の気孔開度を合計して表わすことによつて、総括的に把握することを試みた結果、気象条件および生育段階の相違によつて、気孔開度およびその日変化は著しく異なることを明らかにした。すなわち、早朝より日射量が多く飽和差の大きい、蒸発散の著しいと推定される気象条件の日には、日射量が少ないなど蒸発散の比較的著しくないと推定される気象条件の日に比べて、午前中早い時刻に気孔開度は最大に達し、正午頃には開度はかなり小となつてゐること；出穂期以降になると日の経過に伴つて1日の気孔開度は小となること；ほぼ類似した気象条件の日をえらんで、出穂期以前と以降との気孔開度の日変化を比較してみると、出穂期以降は気孔開度の最大に達する時刻が早く、その後気孔が急速に閉じること；などがわかつた。本報告では、上述した事実に着目しつゝ、展開中の葉身も含めて、個々の異なつた葉位における葉身の気孔開度およびその日変化の相違ならびにその相違の生じた要因について検討するのが目的である。

実験材料および方法

供試した水稻は主として、前報⁵⁾の実験に用いた材料とまったく同じもので、1968年に本学農学部附属農場の水田に栽培したマンリョウであつた。これに加えて、1969年に前年に準じて、本学農学部附属農場の水田に栽培した水稻および、同農学部構内の圃場で1/2000aのワグナーポットに1ポット3株、1株3本植として常法にしたがつて整一に生育させた水稻(品種はいずれもマンリョウ)を一部(実験結果Ⅲ)に用いた。なお生育はいずれも順調であつた。

気孔開度の測定法も、前報⁵⁾に述べた通りで、主程あるいは生育の比較的初期に発生した低位の分げつ莖の各葉位の葉身の中央部(基部←→先端部)の背軸側

を既法⁴⁾の浸潤法により測定した。なお、展開中の葉身については、抽出している部分の中央部を測定した。気象条件の測定についても、前報⁵⁾に記述した通りである。

実験結果

水稻における葉身の気孔開度は、葉位の相違によつて異なることおよびその日変化は、概括的にいへばいずれの葉位であつても、早朝より開きははじめ、日中のある時刻に最大に達し、以後開度は小となり夕刻閉じるといふ経過をたどることが認められた(第1表、第1図)。以下、生育段階、気象条件に着目しつゝ、異なつた葉位の葉身における気孔開度およびその日変化の相違をさらに詳細に検討することにした。

I. 異なつた葉位の葉身における1日の気孔開度の最大値の比較

1日の気孔開度(展開完了した上位4葉の気孔開度の総計)の最大に達する時刻は、気象条件あるいは生育段階の相違によつて異なることは前報において報告した⁵⁾。葉位別に分けて、さらに詳細に観察してみる

第1表 各葉位の葉身における1日の気孔開度の最大値

測定日**	葉位*					
	I	II	III	IV	V	VI
7月15日	(—)	2.3	1.8	1.0	0.7	—
7月19日	(3.0)	3.2	3.0	1.2	1.0	—
8月2日	(2.5)	4.2	4.2	2.8	1.5	—
8月12日	(—)	3.5	3.8	3.8	2.0	0.3
8月21日	2.7	4.3	4.2	3.2	2.0	1.0
8月22日	3.2	4.3	3.8	2.5	1.7	1.0
8月30日	3.7	4.0	2.8	2.0	1.7	—
9月7日	3.2	3.2	2.2	1.0	—	—
9月15日	3.3	3.0	1.5	0.5	—	—
9月22日	2.0	1.3	0.6	0.5	—	—

* 展開中または展開完了した上位葉からI, II, …VIとする。7月15, 19日: I=第12葉。

8月2日: I=第14葉, 8月12日: I=第15葉, 8月21日以降: I=止葉(第16葉)。

** 各測定日の気象条件は前報⁵⁾の第1表参照。

*** ()は展開中の葉であることを示す。

* 昭和46年5月10日 受理

** 現在 千葉県農業試験場

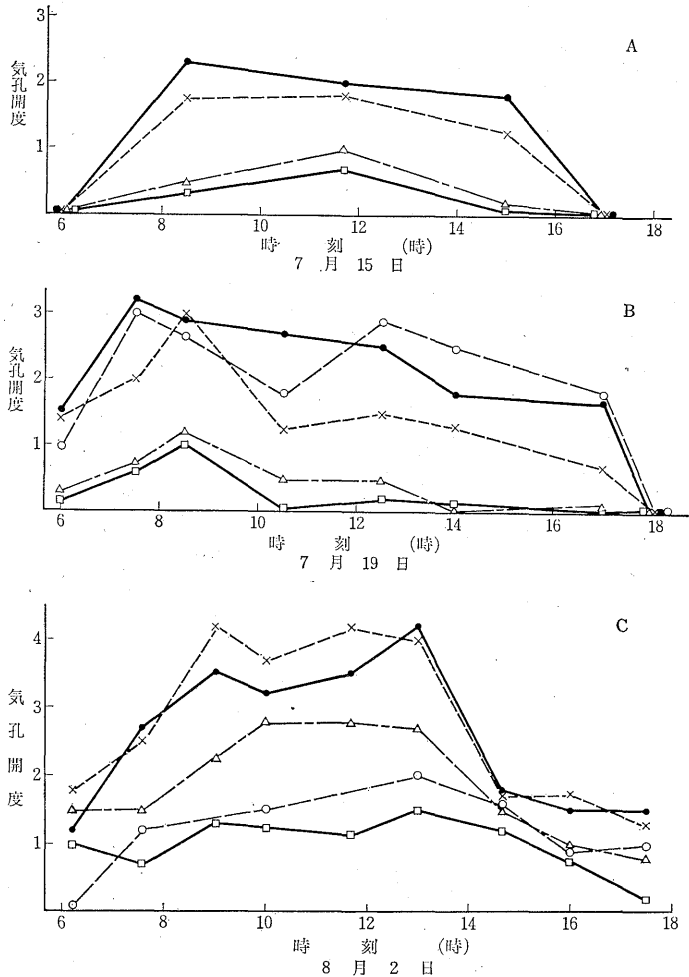
と、同一日であれば、各葉位の葉身の気孔開度はほぼ同一時刻に最大に達する場合が多いが、時には葉位によつてその時刻のやや異なる場合が認められる。そこで、ここでは時刻に関係なく、各葉位の1日の気孔開度の最大値をえらび、相互に比較することとした(第1表)。その結果、まず第一に、第14葉展開中の8月2日以前および開花終了期の9月7日以降の登熟期間中は、展開完了した上位葉ほど気孔開度が大きく、かつ、いずれの測定時期であつても葉位が下になるに応じて気孔開度の小となる傾向が認められた。さらに、測定可能な最下位葉の気孔開度の著しく小さいことおよび最も登熟のすすんだ9月22日を除くと、展開完了した上位2葉の気孔開度の差異は比較的小であることも同時に明らかとなつた。

つぎに第2として、7月19日の第12葉、8月2日の第14葉にみられるように、展開中の葉身の気孔開度は、展開完了した最上位葉に比較して小さいことがわかつた。なお、展開中の葉身の気孔開度は、展開完了した葉身の場合に比べて、展開の程度によつて個体間のばらつきがやや大きいことも認められた。さらに第3として、第15葉展開中の8月12日から出穂期の8月31日までについてみると、8月12日の第14葉および8月21日以降の止葉(第16葉)は、展開完了した最上位葉にもかかわらず、葉身の気孔開度は最大ではなく、その下の葉身の気孔開度より小となつてゐることがわかつた。この点を除けば、この生育段階においても他の生育段階の場合と同様、葉位の下がるに応じて気孔開度の小となる傾向などが認められたのである。なお、第15葉展開中から出穂の完了するまでの時期は、I~IV節間^{註1)}の盛んに伸長する時期に当り、このことが、第14葉あるいは止葉が展開

完了した最上位葉であつても、各葉位のうちで気孔開度の最大にならないことと関連のあるように思われるが、この点については、考察においてやや詳細に論じたい。

II. 異なつた葉位の葉身における気孔開度の日変化

7月15日から9月15日までの種々の生育段階の水稲について、各葉位の葉身の気孔開度の日変化を検討した。その結果(第1図A~F)、まず第1に、節間伸長期に当る8月22日を除けば、展開完了した最上位の葉身の気孔開度が大きく、葉位のさがるのに応じて開度の小となる傾向が認められ、この点、前述した1日の気孔開度の最大値を比較した場合と同様であつた。ただし、日変化についてみた場合には、展開完了



○—○ : 第1葉* ●—● : 第2葉 ×—× : 第3葉
第1図 種々の生育段階における

* 第1表 註参照。

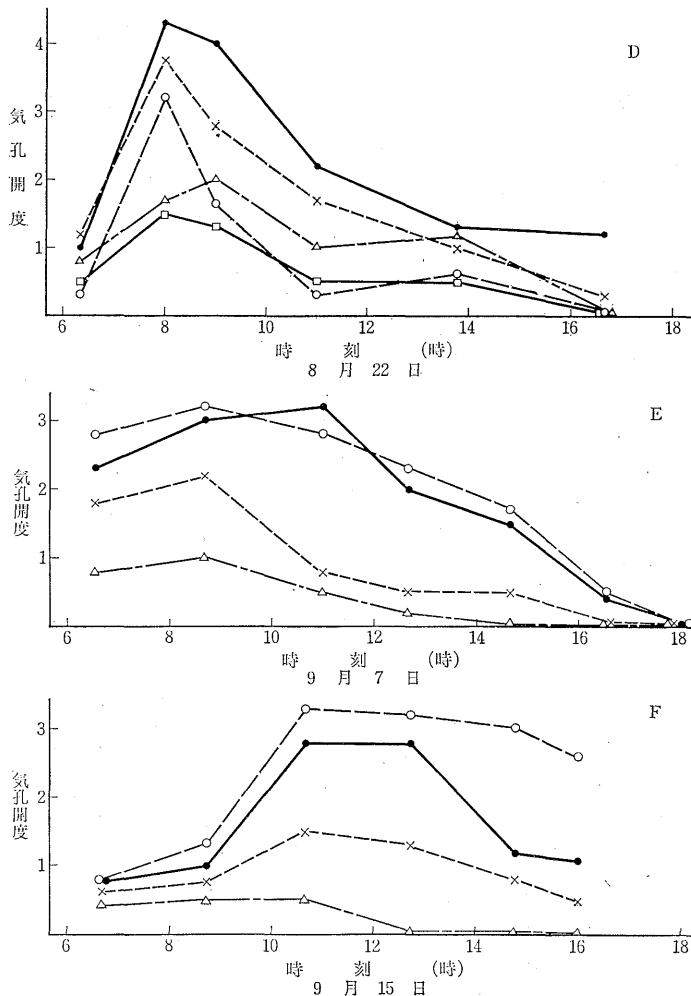
註1) 穂くび節と止葉節の間の節間をI節間とし、それ以下の節間を上から順にII, III, IV節間とする⁶⁾。

した最上位2葉の気孔開度には、時に明らかな差異のない場合あるいは最上位の葉の気孔開度よりむしろ第2葉の気孔開度の大きくなる場合も認められるが、一方登熟期の9月15日にみられるように（第1図F）、第I葉と第II葉の差異の比較的明瞭の場合もあつた。なお、上述した葉位のちがひによる気孔開度の相違は、気孔の開きはじめる早朝には、必ずしも明瞭に認められない場合が多かつた。

つぎに、展開中の葉身の気孔開度の測定してある7月19日と8月2日についてみると（第1図B, C）、7月19日の場合は、気孔開度の最大値を示す葉位は展開を完了した最上位葉（第II葉）であるが、1日中を通してみると、展開中である第I葉と展開完了した

第II葉との気孔開度の差異は比較的小であつた。これに対して8月2日の場合には、展開中の第I葉の気孔開度は著しく小さく、展開完了した葉の上位から3番目の第IV葉の気孔開度より小であることがわかつた。この両日に認められる第I葉の気孔開度の相違は、7月19日の第I葉に相当する第12葉が展開完了に近い状態にあるのに対して、8月2日の第14葉が展開開始まもない状態にあることと関連があるのではないかと思われる。また、節間伸長期に相当する8月22日についてみると（第1図D）、展開完了した止葉（第16葉）の気孔開度は、第15, 14葉に比較して小であり、とくに11時以後は第13葉である第IV葉より小となることが認められ、この点、8月2日の展開中の第I葉の場合と類似した様相を示すことは注目すべきことである。

さらに、気象条件の異なる日における各葉位の葉身の気孔開度の日変化について検討してみた。まず7月15日と19日⁵⁾を比較してみると（第1図A, B）、両日も展開完了した上位2葉と下位2葉との間に気孔開度にやや大きい差異のあることおよび上位葉に比べて下位葉の方が最大の気孔開度に達する時刻のややおそい傾向のあることなど、両日で、葉位によつて気孔開度の日変化の様相に必ずしも明瞭な差異を観察することはできなかつた。つぎに、日射量が多く飽和差の大きいなど蒸発散の著しいと推定される気象条件で、午後気孔開度の非常に小さくなる7月19日、8月22日と、これらの日に比べれば蒸発散の著しくない気象条件で午後になつても気孔のかなり開いている8月2日⁵⁾とを比較してみた（第1図B, C, D）。その結果、7月19日、8月22日は、午後各葉位とも気孔開度は小となるが、上位葉に比べて下位葉の閉じる程度の著しい傾向のあること、いかえれば、上位葉はその日の最大の気孔開度を示す時刻をすぎても、かなり気孔開度が大きいものに対して、



△---△ : 第IV葉 □——□ : 第V葉
水稻の各葉位の葉身の気孔開度の日変化

下位葉の気孔開度は著しく小となる傾向のあることが認められた。一方8月2日は、午後になつても、各葉位の気孔開度は比較的大で、下位葉の気孔開度がとくに減少するような傾向は観察されなかつた。

最後に、開花終了期から登熟期における各葉位の気孔開度の日変化を9月7日と9月15日についてみてみたい(第1図E, F)。この時期には各葉位の気孔開度の日変化の様相はかなり明瞭に異なることが認められる。すなわち、9月7日は、その日の最大の気孔開度を示す時刻を過ぎてから、気孔の閉じる様相が異なり、第I, II葉に比較して第III, IV葉でその程度が著しく、したがつて、各葉位の気孔開度の差異は午後になつて大きくあらわれる。9月15日は、一層葉位によつて気孔開度の日変化の様相の異なる程度が顕著で、下位葉ほど気孔の閉じはじめる時刻が早く、閉じる程度の著しいことが明らかに認められた。さらに、葉のエイジあるいは水稻体の成熟と関連あると考えられるが、9月7日には、第I葉と第II葉の気孔開度の間にほとんど差異のなかつたのに対して、9月15日になると、同じ第I, II葉の気孔開度にかかなり大きな相違が、とくに午後になつて観察されたことは注目すべきことである。

III. 異なつた葉位の葉身における気孔開度の相違についての二・三の検討

すでに述べたように、葉身の気孔開度は葉位によつて異なり、節間伸長中の時期を除けば、展開完了した最上位葉から葉位が下になるにしたがつて、気孔開度は小となる傾向が認められ、とくに展開完了した最上位葉から数えて第4, 第5番目の葉身の気孔開度は著しく小さいことがわかつた(第1表, 第1図)。そこでまず第1に、前報⁹⁾で述べたように、1日の気孔開度が最大に達して以後、気孔開度の小となつた時刻にポリエチレンの袋で株全体を20~30分間おおう処理(以下ポリエチレン袋処理という)を行なうと、ポリエチレン袋処理しないもの(以下無処理という)よりも気孔開度が大となるが、この処理の影響が葉位によつて異なるかどうかを検討してみた。その結果(第2表)いずれの葉位の葉身の気孔開度もポリエチレン袋処理によつて気孔開度は大となるが、葉位によつてその程度に若干の差異のあることが認められた。すなわち無処理で最大のあるいはそれに近い気孔開度を示す葉位の葉身は、ポリエチレン袋処理した場合その他の葉位の葉身に比べて、気孔開度の大きくなる程度が小さい、いかえれば葉位による葉身の気孔開度の差異はポリエチレン袋処理によつて小さくなる傾向が認められたの

である。ただし、測定した最下位の葉位で気孔開度の著しく小さい場合には、ポリエチレン袋処理の影響の少ないことも同時に観察された。なおポリエチレン袋処理した場合で、前述した、展開完了した最下位葉の気孔開度が最大で、葉位が下になるにつれて気孔開度の小となる傾向および展開中の葉身あるいは展開完了した最上位葉であつても節間伸長期に当る場合(8月22日)は、その1葉下位の葉位の葉身の気孔開度よりやや小さいという傾向は無処理の場合と同様に観察されたのである。

つぎに、水田における水稻群落においては、葉位によつて葉身をとりにくく微気象条件は、光条件をはじめかなり異なることは容易に推察される。この微気象条件の相違が、葉位のちがひによる葉身の気孔開度にかなる影響をおよぼしているかを検討するため、水田の南側の畦畔に面して生育している水稻および孤立個体と考えてよいと思われるポットに生育している水稻の葉身の気孔開度を測定してみた。その結果(第3表)、ポットあるいは水田の南側の畦畔に面して生育している水稻のいずれの場合も、葉位による葉身の気孔開度の差異の傾向は、前述の群落内に生育している

第2表 ポリエチレン袋処理した場合の葉位による気孔開度の差異

測定日時・処理		葉位*				
		I	II	III	IV	V
8月3日 15時	無処理	(2.3)**	3.0	3.2	2.0	0.7
	処 理	(3.3)	4.0	3.5	3.2	2.0
	比 率***	143	136	109	160	286
8月22日 15時	無処理	1.7	4.0	2.8	2.0	1.3
	処 理	4.0	5.0	4.5	3.3	1.3
	比 率	235	125	161	165	100
8月22日 13時50分	無処理	0.7	1.3	1.0	1.0	0.7
	処 理	2.0	3.5	4.0	3.5	1.5
	比 率	286	269	400	350	215
9月7日 12時40分	無処理	2.3	2.0	0.5	0.2	—
	処 理	3.8	3.5	1.5	0.3	—
	比 率	165	175	300	150	—
9月15日 14時	無処理	3.3	1.7	0.7	0	—
	処 理	4.0	4.3	1.5	0.8	—
	比 率	121	253	214	—	—
9月22日 15時15分	無処理	1.5	0.7	0.3	0	—
	処 理	4.0	3.5	2.3	0.5	—
	比 率	266	500	766	—	—

*, ** 第1表註参照。

*** それぞれの葉位の無処理の気孔開度を100とした場合のポリエチレン袋処理の気孔開度。

水稻の場合とまったく同様であることが認められた。またポットに生育している水稻について、ポリエチレン袋処理を行なったところ、この処理によつて葉身の気孔開度は大となつたが、上位葉ほど気孔開度が大きいという傾向は無処理の場合と変わらず、この点でも、群落として生育している水稻との間に相違のないことがわかつた。

考 察

水稻において異なつた葉位の葉身の気孔開度およびその日変化について比較観察をすすめたところ、大略以上のような結果を得たので、これらの結果に基づいて若干の考察を行なつてみたい。

まず第1に、展開完了した最上位葉に比較して展開中の葉身の気孔開度の小さいという点についてである（第1図C）。水稻葉における葉の形態形成の過程についてみると、葉身の先端部から組織の分化成熟がはじまり漸次基部へ至るので、展開中の葉においては、葉身の形成はほぼ完了し、葉鞘基部における *intercalary meristem* の細胞分裂・細胞伸長によつて葉鞘が伸長しているのであつて、この葉鞘の伸長によつて葉身の展開が進行するのである¹⁵⁾。したがつて、展開中の葉においては、その基部に *intercalary meristem* が存在し、未分化の細胞あるいは未成熟な組織が存在していることになる（葉鞘の *intercalary meristem* は葉の展開がすすむと、急速に減少する¹⁵⁾）、いかえれば、展開中の葉身は水稻の他の器官と葉鞘基部の未分化の細胞あるいは未成熟な組織を通じて連絡していることになる。このことが、展開中の葉身において、気

孔開度の比較的小さいことと関連があるのではないかと推定される。この場合、気孔開度が葉身の水分収支と密接な関係をもっていることを考えれば⁵⁾、未成熟組織のうち、水分の通導機能をもつ導管の成熟過程に関心をもたざるを得ないのであつて、この点を論ずるのが第2の問題である。

そこで、この第2の問題は、第Iから第IV節間の伸長期に相当する8月12日から8月30日の出穂期までは、展開完了した最上位葉よりも、その一つ下位の葉身の気孔開度が大きくなるということ（第1表）を通じて検討してみることにしたい。この場合、水稻における葉身・葉鞘・穂・節間の伸長の相互関係については、すでに数多くの研究^{6,11)}がなされているので、これらの研究結果が非常に参考となる。8月12日は出穂約18日前に相当し、第15葉は展開中、第14葉は展開完了しているが、“Phytomer”²⁾あるいは“Leaf-internode unit”¹²⁾の考え方によつて、節・節間・葉・芽などから構成される一つの単位を想定すれば、第14葉と同一単位となる第IV節間は、その節間基部に位置する *intercalary meristem* の細胞分裂・細胞伸長によつて伸長中である。したがつて、この場合、展開完了した最上位葉である第14葉はその他の器官と第IV節間の *intercalary meristem* を通じて連絡していることになる。同様なことは、8月21日から8月30日の止葉についても観察されることであつて（第1表、第1図D）、止葉と同一単位である第II節間は、出穂10日前頃から出穂完了し稈長が決定するまでの間伸長をつづけるのである。したがつて、この期間の止葉は、第II節間の *intercalary meristem* の未成熟な組織を通じてその

他の器官と連絡しているのである。以上述べたことから、展開中の葉身と節間伸長期の展開完了した最上位葉は、それぞれ葉鞘あるいは節間の基部の *intercalary meristem* の未成熟な組織を通じて、その他の器官と連絡しているという点で、きわめて類似した状態にあることがわかる^{註2)}。そこでさらに、水稻の稈の形成過程、とくに節間伸長中にお

註2) 節間伸長期以前に展開完了する葉の場合、その葉と同一単位である節間は著しく短く、伸長期も短いので、葉鞘の伸長が完了し、その葉が展開完了するとほぼ同時に節間の伸長も完了すると推定される。

第3表 水田の南側畦畔に面して生育した水稻およびポットに生育した水稻の葉位による気孔開度の差異

生育場所・測定日時・処理			葉位*					
			I	II	III	IV	V	
南側畦畔	8月31日**	9時	無処理	3.8	4.3	2.5	1.0	1.0
		13時	無処理	1.6	1.9	1.1	0.6	0.5
ポット	7月25日***	8時	無処理	3.2	1.8	1.2	0.5	—
		12時	無処理	1.0	0.8	0.5	0	—
		処理****	4.0	3.0	1.5	0.5	—	

* 第1表註参照。

** この日の気象条件は晴一時曇で最高気温 30°C、最小湿度 53%、日照時間 9.4 時間であつた。出穂中で第I葉は止葉（第16葉）である。なおこの水稻は 1969 年に栽培したものである。

*** この日の気象条件は曇後晴で最高気温 32.1°C、最小湿度 48%、日照時間 8.4 時間であつた。第I葉は第12葉で展開完了した最上位葉である。

**** ポリエチレン袋処理。

る維管束の成熟過程なかんづく導管の成熟過程に注目してみたい⁷⁾。水稻の稈の節間を基部から先端部に通ずる大維管束には、それぞれ数個の原生導管および後生導管が形成されるが、これらの導管が節間伸長に伴って成熟する経過はつぎのようである。すなわち、最初直径の小さい原生導管が成熟し、ついで順次直径の大きい原生導管の成熟が進行し、それに伴って前に成熟した直径の小さい原生導管は崩壊するのである。したがって、伸長中の節間にはつねに1~2本の成熟した、通導機能をもつた原生導管が存在することになる。これらの原生導管の通導機能を色素液を用いて検討してみたところ、直径の小さい原生導管の機能は直径の大きい原生導管に比べて、また一般に原生導管の機能は節間伸長終了後成熟する著しく直径の大きい後生導管に比べて小さいことが推定されたのである⁷⁾。この節間における導管の成熟過程および上述した導管の通導機能を考えれば、節間伸長期の展開完了した最上位の葉身の気孔開度の比較的小さい主たる要因は、この葉身が他の器官——とくに気孔開度が葉身の水分収支によつて著しく影響を受けることを考慮すれば、土壤中から水を吸収している根——と *intercalary meristem* の未成熟な組織を通じて連絡している、いはいかえれば通導機能の比較的小さい原生導管によつて連絡していることにあるのではないかと、さらにいえばこのような葉身への水の供給が、他の展開完了した葉身に比較して必ずしも円滑でないことが、気孔開度の小さい要因ではないかと推察されるのである。さらにこの推察は、展開中の葉身の気孔開度の比較的小さいことの要因を考える場合のよい参考となると同時に、ポリエチレン袋処理によつて湿度の高く蒸散の少ない条件においた場合、これらの葉身の気孔開度の大きくなる程度の比較的大きいこと(第2表)によつても支持されると思うのである。

つぎに第3として、節間伸長期を除くと、展開完了した葉では上位葉ほど葉身の気孔開度が大きいという点について考えてみたい。群落として生育している水稻においては、各葉の群落内の位置は葉位によつて異なり、したがって各葉位の葉身を取りまく微気象条件の相違することが当然予想され、このことが葉位によつて葉身の気孔開度の異なる要因ではないかという推定が成り立つように思う。しかしながら、つぎの理由、すなわち、i)ポリエチレン袋処理を行なうと、葉位の相違による気孔開度の差は小さくなるが、この場合でも展開完了した上位葉ほど気孔開度が大きいという傾向は変わらないこと(第2表); ii) 群落として生

育している水稻に比較して、水田の南側の畦畔に面して生育している水稻あるいは孤立個体と考えてよいと思われるポットに生育している水稻においては、各葉位の葉身を取りまく微気象条件の相違は著しく少ないと推定されるが、この場合でも、前述した葉位による気孔開度の差異が認められること(第3表); から、各葉位の葉身を取りまく微気象条件がまったく無関係ではないとしても、展開完了した上位葉の葉身ほど気孔開度の大きいという傾向の生ずるのは、他の植物について従来から論議されていると同様^{10,14)}、植物(水稻)体内の生理的問題、いはいかえると葉のエイジにかかわる問題にその主な要因があると考えざるを得ないのである。

そこで、第4として以下水稻体内の生理的問題すなわち、葉のエイジに関連する問題について検討を行なつてみることにしたい。

まず、葉のエイジを表わすのにしばしば用いられる葉色についてみると、移植後1カ月の分げつ盛期から出穂開花終了期まで、本実験では少なくとも展開完了した上位4葉の葉身の間には、葉位によつて葉色の相違はほとんど認められなかつた。その1例として、開花終了期の9月7日に止葉(第16葉)から第13葉までの葉身の中央部の葉色をカラーマシ(カラーマシ K K 製 CM20 型)で測定し、葉色をマンセル表色系¹³⁾で表わしてみたところ(第4表)、葉位によつて彩度・明度はごくわずかの差が認められるが、色相にはまったく相違のないことがわかつた。さらに、9月7日の各葉位の葉身の気孔開度の日変化をみると(第1図E)、第II葉(第15葉)と第III葉(第14葉)の間には著しい相違があるが、葉色にはまったく差異のないことも同時に明らかとなつた。以上のことから、出穂開花終了期までにおける展開完了した上位4葉の葉位による葉身の気孔開度の相違を、葉色によつて表わされる葉のエイジの差異によつて説明するのは困難なように思われる。しかしながら、この点については、現在のところ研究はきわめて不十分であり、今後さらに、葉色ひいては葉のエイジと関連をもつ、葉身のチッ素をはじめ種々の無機塩類およびクロロフィル

第4表 カラーマシンにより測定した葉色の比較*

葉位	L	a	b	マンセル表色系
止(第16)葉	32.61	-12.83	10.00	9.5GY 3.8/4.1
第15葉	33.42	-13.10	10.37	9.5GY 3.9/4.2
第14葉	33.58	-13.27	10.44	9.5GY 3.9/4.2
第13葉	34.09	-13.53	11.00	9.5GY 4.0/4.4

* 測定日は開花終了期の9月7日。

・蛋白質などの有機物の組成・含量の葉位による相違と気孔開度の関係について研究を進める必要があると考えられる。

つぎに、水稻における葉身の気孔開度の日変化に対しては、すでに報告⁵⁾したように、葉身の水分収支が大きな影響をもっているため、この点から、葉位のちがいによる葉身の気孔開度の相違を考えてみたい。この場合、「日中の水分消失量を土壤から吸水することによって補うことができないために、植物の耐乾性の強い部分——すなわち上部に着いている葉——は、下部についている葉から水分を吸引する」⁹⁾というマクシーモフの見解は一つの手懸りとなるように思う。すなわち、水稻において、上位葉が下位葉に比べて乾生の構造を示す¹⁰⁾あるいは耐乾性のより強い部分であるかどうかは今後の検討をまつとしても、上位葉が下位葉から水分を吸引する結果、日中上位葉に比較して下位葉の葉身の水分の不均衡の程度が大となるために、下位葉の葉身の気孔開度が小となるということが考えられないかということである。この推測を一応行なつてみる根拠として、i) ポリエチレン袋処理によつて湿度の高くなつた場合、気孔開度の小さい下位葉(ただし前述したように測定した最下位の葉位で気孔開度の著しく小さい葉を除く)ほど影響が大きく、気孔開度の大きくなる程度が著しく、結果として上位葉と下位葉の気孔開度の差が小さくなる傾向のあること(第2表); ii) 1日の気孔開度の最大に達する時刻が早く、その後気孔が急速に閉じる場合(第1図B, D)、その程度が下位葉ほど著しい傾向があり、とくに収穫期以降(第1図E, F)に、この傾向が顕著であること; iii) 体内の水分不足が気孔開度の制限因子になることのないと推定される早朝は、葉位による葉身の気孔開度の差異の少ないこと; iv) 主茎または生育初期に発生した低位の分げつ茎を用いて個体間の葉身の乾物重当り含水量を比較する場合、同一葉位別に比較するよりも展開完了した上位4葉を合わせて比較するほうが、つねに各茎間(個体間)のばらつきが小さくなる^{註3)}。このことから、水分については一本の茎における各葉位の葉が相互に密接な関連をもっている可能性が考えられること; などをあげることができる。しかしながら、本実験の範囲内ではポリエチレン袋処理などを行なつても、第IV葉以下の葉位の葉身の気孔開度を、最大の気孔開度を示す葉位のそれと等しくすることはできず、多くの場合、両者の気孔開度の差異は少なからず認められたのである。したがつて、上位葉

と下位葉における水分の競合は、この場合十分考慮されるべき要因でありさらに研究がすすめなければならない。しかしながらこの要因だけで葉位のちがいによる葉身の気孔開度の相違を考えるのは困難なように思われる。

最後に、気孔開度と葉身における水分平衡とが密接な関係のあることを考えれば、土壤中から水を吸収する根と葉の関係についてふれざるを得ないように思う。“Phytomer”²⁾あるいは“Leaf-internode-unit”¹²⁾の考え方の発展として、水稻においては節・節間・葉・分げつ・根(上位根・下位根)によつて構成される一つの形態的“要素”の考え方⁸⁾が提出されるなど、従来から葉・根の相互関係については関心がもたれているが、その生理的関連については必ずしも明らかにされていない。しかし、第N葉節根により吸収された物質は主として活動中心葉である第N+2葉へ移行するという報告³⁾もあり、ある葉位の葉がそれより下位のある特定の節あるいは“要素”から発生する根ととくに密接な関連をもつていとすれば、葉位のちがいによる葉身の気孔開度の差異もこの面から検討されなければならない。すなわち、展開完了した葉についていえば、下位葉ほど下位の節あるいは“要素”から発生した比較的老朽化のすすんだ根と密接な関連のあることが推定され、このことが下位の葉ほど気孔開度の小さいということの要因の一つとなる可能性が考えられるのである。今後さらに葉のエイジとの相互関連も含めて研究を行なつてみたい問題である。

引用文献

1. 嵐 嘉一・江口 宏 1954. 水稻の稈の發育経過および健全・秋落型水稻間の稈内貯蔵澱粉消長の比較. 日作紀 23: 169—173.
2. EVANS, M.W. and F.O. GROVER 1940. Developmental morphology of the growing point of the shoot and inflorescence in grass. Jour. Agr. Res. 61: 481—520.
3. 猪ノ坂正之 1962. 稻の維管束の分化発達及び維管束による各器官の相互連絡と成育との関係についての研究. 宮崎大農研究時報 7: 15—116.
4. 石原 邦・西原武彦・小倉忠治 1971. 水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係. 第1報 気孔開度の測定法について. 日作紀 40: 491—496
5. ———・石田康幸・——— 1971. ———. 第2報 気孔開度の日変化について. 日作紀 40: 497—504

註3) 石原 邦・石田康幸・小倉忠治(未発表)

6. 川原治之助・長南信雄・和田 清 1968. 稲の形態形成に関する研究. 第3報 葉, 穂, 稈の伸長の相互関係および稈の分裂組織について. 日作紀 **37**: 372—383.
7. ———— 1968. ————. 第5報 稈における維管束の成熟過程. 日作紀 **37**: 399—410.
8. 川田信一郎・山崎耕宇・石原 邦・芝山秀次郎・頼光隆 1963. 水稻における根群の形態形成について, とくに生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 **32**: 163—180.
9. マクシーモフ, N.A. 1952. 植物と水——植物の水分生理と耐乾性に関する論文集, 野口弥吉監修・川田信一郎・菅原友太・佐藤 勇・高橋英二共訳, 1959, 刀江書院, 東京.
10. LOFTFIELD, J.V.G. 1921. The behaviour of stomata. Publ. Carnegie Instn., Wash., **314**: 1—104.
11. 瀬古秀生 1962. 水稻の倒伏に関する研究 九州農試彙報 **7**: 419—499.
12. SHARMAN, B.C. 1942. Developmental anatomy of the shoot of *Zea mays* L. Ann. Bot. **6**: 245—282.
13. 色彩科学協会編 1962. 色彩科学ハンドブック. 南江堂, 東京.
14. TAZAKI, T. and T. USHIJIMA 1963. Studies on the dehydration resistance of higher plants. IV. Dehydration resistance of the leaves in young poplar plants with special reference to the water economy of other plant parts. Bot. Mag. Tokyo **76**: 237—245.
15. 山崎耕宇 1963. 水稻の葉の形態形成に関する研究. I. 葉の発育過程に関する一般的観察. 日作紀 **31**: 371—378.
16. ———— 1963. ————. II. 葉位を異にした場合の葉の発育の相違について. 日作紀 **32**: 81—88.

The Relationship between Environmental Factors and Behaviour of Stomata in the Rice Plant

3. On the aperture of the stomata and their diurnal movement in the leaf at different position on the stem

Kuni ISHIHARA, Yasuyuki ISHIDA and Tadaharu OGURA
(Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchū, Tokyo)

Summary

The present study was conducted to clarify the differences of the aperture of the stomata and their diurnal movement of a leaf due to its position on the stem.

In the fully-expanded leaves, the higher the position of a leaf on the stem, the wider was its stomatal aperture. The stomatal aperture of an expanding leaf was smaller compared with those of the adjacent lower fully-expanded leaf. During elongation stage of the internode the aperture of the most upper fully-expanded leaf was not so wide as in the adjacent lower one. The diurnal movements of the stomata of the leaves on a stem were different from each other depending on their position on the stem. Especially in the sun-shiny day the stomatal aperture of the upper fully-expanded leaf did not decrease so quickly as those of the lower one in the afternoon, after reaching the maximum per day, and this phenomenon could be more distinctly recognized after the heading stage.

The results that the aperture of the stomata and their diurnal movement in the leaves were different from each other owing to their position on the stem were discussed in connection with the vascular, especially xylem, in the leaf sheath or the internode, the leaf age and the root age.