

水稻における主茎と分げつ茎の同伸葉の光合成速度の相違*

大川 泰一郎・黒田 栄喜**・石原 邦

(東京農工大学農学部)

平成 3 年 1 月 30 日受理

要 旨 : 圃場およびポットで生育した水稻穂数型品種日本晴を用いて、株を構成する各茎に着生する同一葉位の葉身の光合成速度の相違を主茎と分げつ茎の同伸葉の間で比較した。展開完了直後では、移植時に発生した 5 号分げつ茎を除いて、主茎の葉身と各 1 次分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身との光合成速度の間にほとんど相違は認められなかった。葉身の老化がすすむと、主茎の葉身の光合成速度に比べて、その葉身と同伸葉の 1 次分げつ茎の葉身の光合成速度は小さく、その程度は上位の分げつ茎ほど著しかった。主茎に比べて分げつ茎の葉身の光合成速度が小さくなったことには、拡散伝導度、クロロフィル含量および RuBPCase 含量の低下が関係していた。これらの結果から、展開完了後の老化に伴う光合成速度の低下程度は主茎に比べて分げつ茎の葉身で大きく、このことが圃場条件下で同一葉位の葉身の光合成速度に違いをもたらす要因の 1 つであることがわかった。

分げつ性の異なる品種の間で光合成速度の相違を検討した結果、長稈穂重型の台農 67 号は日本晴に比べて、老化に伴う主茎の葉身の光合成速度に対する各 1 次分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度の低下程度は小さく、茎間の光合成速度の相違の小さいことが明らかとなった。

キーワード : 光合成速度, 水稻, 主茎, 同伸葉, 品種間差異, 分げつ。

Difference of Photosynthetic Rates among the Leaves at the Equivalent Positions on the Main Stem and Its Tillers in Rice Plants : Taiichiro OOKAWA, Eiki KURODA** and Kuni ISHIHARA (*Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan*)

Abstract : The photosynthetic rates of the leaves at the equivalent positions on the main stem and its tillers, that is, the photosynthetic rates among the synchronously expanded leaves on the main stem and tillers in Nipponbare (short culm and ear number type rice cultivar) were compared.

Immediately after the leaves fully expanded, little difference was noticed between the photosynthetic rates of the leaf on the main stem and the synchronously expanded leaves on the primary tillers except with those on the 5th tiller which emerged just after transplanting. Two or three weeks after expansion, the photosynthetic rate of the leaf on the main stem was higher than that of the synchronously expanded leaves on the primary tillers. The extent of the decrease in the photosynthetic rates with leaf aging was larger in the leaves on the primary tillers than those on the main stems, and also larger in the leaves in those tillers that emerged from the higher node of the main stem.

The photosynthetic rates at 2 or 3 weeks after leaf expansion highly correlated with the diffusive conductance, chlorophyll content and RuBPCase content in the leaves on the main stems and the primary tillers. These results indicate that one of the factors responsible for the difference in the photosynthetic rates of the leaves at the equivalent positions on the stems in a hill was the difference between the periods of senescence of the leaves on the main stem and those on the primary tillers.

The extent of the decrease in the photosynthetic rates with leaf aging in the primary tillers was different between Nipponbare and Tainung 67, a high yielding cultivar (long culm and ear weight type) in Taiwan, when the extents were compared with those in the main stem. However the extent of the decrease in the photosynthetic rates with leaf aging was not different between the leaves on the main stem and those on the primary tillers in Tainung 67. These results suggest that the photosynthetic rates of the leaves at the equivalent positions on the stems in a hill were almost the same between the main stem and their primary tillers in Tainung 67.

Key words : Main stem, Paddy rice, Photosynthetic rate, Synchronously expanded leaf, Tiller, Varietal difference.

従来、水稻における収量および乾物生産過程を解析する上で個葉の光合成速度を比較する際には、個

体の代表茎として主茎あるいは下位の大きい分げつ茎を選び、その茎に着生する葉身を用いて測定が行われてきた。しかし、圃場における水稻の株は数本の主茎と多くの 1 次および 2 次の分げつ茎から構成されているので、品種間あるいは生育条件による個葉の光合成速度の違いを比較する際には、主茎のみならず分げつ茎の葉身に注目して検討することは、

* 大要は、第187回講演会（平成元年 4 月）において発表。本研究費の一部は文部省科学研究費によった。

** 現在、岩手大学農学部。
Present address; Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020, Japan.

水稻個体群の光合成の実態を明らかにする上で重要と考えられる。最近、黒田ら⁴⁾は株内の同一葉位の葉身の間で光合成速度、気孔拡散伝導度がかかなり異なり、葉身間の光合成速度の大小は個々の茎を単位として生じていることを指摘した。このことは、同一葉位の葉身の光合成速度、気孔拡散伝導度が主茎と分げつ茎の間で異なることを示唆しているが、これまでに主茎と分げつ茎の同伸葉の葉身間における光合成速度、気孔開度を比較した例^{1,12)}は非常に少ない。

そこで、著者らは、水稻穂数型品種日本晴を用いて、株を構成する個々の個体について主茎と分げつ茎の同伸葉の葉身の間で光合成速度が異なるかどうか検討した。さらに、分げつ数の異なる品種の間でこの関係に違いがあるかどうかをみるため、台湾で育成された長稈穂重型品種台農 67 号と日本晴とを比較した。

材料と方法

本実験には、東京農工大学農学部付属農場水田(多摩川沖積土)と、水田土壌と畑土壌を1:1の割合で充填した1/2000 a のポットに、それぞれ以下のように生育させた水稻を用いた。5月6日に畑苗代に播種し育苗した日本晴および台農 67 号の第7葉抽出中の苗を、6月10日に1株3本、22.2株/m²の栽植密度(30 cm×15 cm)で移植した。肥料は、10 a 当たり基肥として堆肥 3.000 kg、化成肥料(14-14-14) 35.7 kg、追肥として8月1日に化成肥料(16-0-16) 18.8 kg を施用した。移植後、全生育期間を湛水状態とし、出穂日は8月25日、収穫日は10月25日であった。両品種の葉令は同様に推移し、主茎の葉身と分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身はほぼ同一時期に抽出し、抽出時期が最も異なった場合でもその相違は3日程度であった。茎数は、最高分げつ期には日本晴が29本、台農 67 号が22本、出穂期には日本晴が17本、台農 67 号が13本で、日本晴が台農 67 号に比べて常に大きく推移した。ポットの水稲は、5月6日に畑状態のペーパーポットに播種し育苗した日本晴の第7葉抽出中の苗を、6月10日に基肥 7 g 施用したポットに1ポット4個体ずつ、ペーパーポットのまま根を切らないようにして移植したものであった。

光合成速度を測定する株の3個体それぞれの主茎および各分げつ茎のすべての葉身の葉位が特定できるように、移植時から各茎の各葉位の葉身にマジッ

クで印をつけた。また、各分げつ茎に発生節位を書いた糸付きラベルをつけた。

光合成速度および蒸散速度の測定は、小型ファンを取り付け、同化箱内の空気を攪拌するように改良した小型通気式同化箱⁹⁾を用いて、葉身中央部(約15 cm²)をはさんで行った。同化箱に送り込む CO₂ 濃度は 375±1 ppm、露点温度は 16.7±0.05°C、流量は 1.8 l/min であった。同化箱中から出てきた空気の露点温度を露点計(EG & G 社製)で測定後、この空気と比較ガスの CO₂ 濃度の差を差動型赤外線分析計(Binos 社製)で、さらに、この空気の CO₂ 濃度を絶対値型赤外線分析計(富士電気製)で測定した。測定は、午前9時頃から12時頃の間で、光強度が 1200 μE/m²/sec 以上で行った。実際の測定はつぎのようにした。平均的な生育を示す3株9個体の主茎の最上位展開葉と、主茎の最上位展開葉と同伸葉の各分げつ茎の葉身を測定した後、主茎、各分げつ茎それぞれ2つ下の葉位の葉身の光合成速度を測定した。測定終了後、自動葉面積計(林電工社製)で光合成測定部位の葉面積(約15 cm²)を測定した後、クロロフィル含量および RuBP-Case 含量を定量するため、その葉身を-80°C で冷凍保存した。

クロロフィル含量および RuBPCase 含量は、以下のようにして定量した。葉身の生重を測定後、50 mM-Tris 緩衝液(PH 7.5)中で磨砕した。磨砕液の1部をメタノールで抽出し、Wintermansの方法¹⁰⁾に準じて、分光光度計(島津製作所製)で吸光度を測定し、クロロフィル(a+b)含量を算出した。残りの磨砕液を遠心分離(10.000 g, 4°C, 10分)して、上清をとり、免疫拡散法¹¹⁾によって RuBPCase 含量を測定した。

結 果

I. 主茎と分げつ茎の葉身の光合成速度の比較

日本晴の主茎第14葉と第16葉の葉身が展開完了直後に、3株中9個体の主茎の葉身の光合成速度と各1次分げつ茎の主茎の葉身と同伸葉の光合成速度とを測定した。9個体のなかで、主茎第14葉の光合成速度は 27.7—37.7 mgCO₂/dm²/hr、主茎第16葉の光合成速度は 38.4—47.5 mgCO₂/dm²/hr と個体間の相違はみられたが、それぞれの主茎と1次分げつ茎の関係に違いはなかった。その例として、それぞれ3個体について示したのが第1表である。主茎の第14葉に対する各1次分げつ茎の主茎第14葉

と同伸葉の光合成速度の割合は、5号分げつ茎を除いて100%前後がほとんどであった。止葉である主茎第16葉の光合成速度と各1次分げつ茎の主茎第16葉と同伸葉の光合成速度との関係にも、同様の傾向があった。

展開完了2-3週後の老化の進んだ主茎第14葉および第16葉の光合成速度と1次分げつ茎のそれぞれ主茎第14葉および第16葉と同伸葉の葉身の光合成速度とを比較した(第2表)。両葉位とも、主茎の葉身の光合成速度に対する各1次分げつ茎の同伸葉の光合成速度の割合は小さくなった。とくに高位節より発生した6, 7および8号分げつ茎の葉身ではその割合は小さく、40-80%の範囲が多かった。

これらのことから、主茎の葉身と各1次分げつ茎の同伸葉の光合成速度の関係は展開完了直後と展開後日数が経過した後とで異なり、展開完了直後ではほとんど両者の関係に相違はないが、葉身の老化がすすむと主茎に比べて1次分げつ茎の同伸葉の光合成速度はかなり小さくなることがわかった。

つぎに、ポットに栽培した個体について、主茎第

14葉が展開完了時に、主茎第14葉から第11葉の光合成速度と各1次分げつ茎の主茎第14葉から第11葉とそれぞれ同伸葉の光合成速度とを比較した(第3表)。主茎第14葉および第13葉に対する各分げつ茎のこれらの葉と同伸葉の光合成速度の割合は、100%前後であった。これに対して、老化の進んだ下位葉の主茎第12葉および第11葉に対する各分げつ茎のこれらの葉と同伸葉の光合成速度の割合は、第2号分げつ茎を除けば90%未満で、高位節より発生した分げつ茎ほどこの割合が低くなる傾向があった。とくに、最下位葉である第11葉と同伸葉の光合成速度の割合はかなり低く、7および8号分げつ茎では、光合成速度は主茎の約半分であった。

以上の結果から、老化に伴う光合成速度の低下程度は、主茎の葉身に比べて分げつ茎の葉身で大きいことがわかった。

水田では、有効化する茎のほとんどは1次分げつ茎であったが、ポットの1本植えの水稻には有効化する2次分げつ茎が多くあった。この水稻を用い

Table 1. Comparison of the photosynthetic rates ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$) of the synchronously expanded leaves on the main stem and the primary tillers of Nipponbare immediately after they fully expanded (Paddy field).

Main stem leaves	Plant No.	Main stem	The synchronously expanded tiller leaves with 14th or 16th leaf on the main stem					
			2nd	3rd	5th	6th	7th	8th*
14th	1	27.4	—	—	—	32.2(117.4)**	24.2(88.4)	31.5(115.0)
	2	31.3	—	36.4(116.3)	—	28.9(92.3)	30.6(97.8)	32.2(103.0)
	3	35.6	37.0(104.0)	—	14.8(41.6)	34.7(97.5)	35.9(100.8)	35.4(99.5)
16th	1	39.5	33.9(85.8)	—	26.3(66.6)	44.4(112.4)	37.7(95.4)	—
	2	41.0	—	—	31.3(76.4)	46.6(113.8)	40.9(99.9)	38.8(94.7)
	3	42.6	39.8(93.5)	37.1(87.1)	—	38.7(90.8)	44.2(103.7)	39.2(92.0)

* The node of the main stem from which the tiller emerged.

** Percent values relative to the photosynthetic rate of the leaf on the main stem.

Table 2. Comparison of the photosynthetic rates ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$) of the synchronously expanded leaves on the main stem and the primary tillers of Nipponbare at 2 or 3 weeks after they fully expanded (Paddy field).

Main stem leaves	Plant No.	Main stem	The synchronously expanded tiller leaves with 14th or 16th leaf on the main stem					
			2nd	3rd	5th	6th	7th	8th*
14th	1	29.0	27.6(83.1)**	24.5(84.7)	—	13.9(48.0)	16.2(55.8)	—
	2	29.7	28.6(87.6)	29.1(98.0)	—	28.1(94.6)	18.5(62.3)	—
	3	33.8	—	23.0(68.1)	23.9(70.9)	14.8(43.9)	22.6(66.9)	19.4(57.5)
16th	1	38.0	—	32.8(86.3)	26.7(70.2)	33.1(87.0)	—	32.1(84.6)
	2	38.5	—	—	29.1(75.5)	34.0(88.3)	30.2(78.4)	18.9(49.1)
	3	40.7	—	—	27.7(68.1)	34.9(85.6)	36.0(88.4)	29.5(72.5)

* The node of the main stem from which the tiller emerged.

** Percent values relative to the photosynthetic rate of the leaf on the main stem.

Table 3. Comparison of the photosynthetic rates ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$) of the synchronously expanded leaves on the main stem and primary tillers of Nipponbare immediately after the 14th leaf fully expanded (Pots).

Leaf position on the main stem	Main stem	The synchronously expanded tiller leaves with 14th of 16th leaf on the main stem					
		2nd	3rd	5th	6th	7th	8th*
14th	39.7	41.9(105.4)**	44.0(110.6)	47.5(119.6)	43.7(109.9)	39.2(98.5)	38.8(97.6)
13th	39.5	41.4(104.9)	39.4 (99.9)	36.2 (91.7)	39.5(100.2)	34.9(88.5)	39.4(99.8)
12th	37.3	38.2(102.4)	33.3 (89.3)	31.3 (84.1)	28.8 (77.3)	31.5(84.4)	24.2(64.9)
11th	26.5	26.9(101.5)	20.4 (77.1)	4.5 (16.9)	20.3 (76.6)	15.5(58.5)	13.4(50.8)

* The node of the main stem from which the tiller emerged.

** Percent values relative to the photosynthetic rate of the leaf on the main stem.

Table 4. Comparison of the photosynthetic rates, the diffusive conductance, chlorophyll content and RuBPCase content between the 14th leaf on the main stem and the synchronously expanded leaves on the primary tillers of Nipponbare (Paddy field).

	Immediately after expanded			16days after expanded		
	M	6th	7th	M	6th	7th*
Photosynthetic rate ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$)	31.3	28.9 (92.3)**	30.6 (97.8)	29.0	13.9 (48.0)	16.2 (55.8)
Diffusive conductance (cm/sec)	0.52	0.50 (96.2)	0.54 (103.8)	0.41	0.29 (70.7)	0.33 (80.5)
Chlorophyll content (mg/dm^2)	3.28	3.05 (93.0)	3.04 (92.7)	3.59	2.74 (76.3)	3.25 (90.5)
RuBPCase content (mg/dm^2)	33.9	33.6 (99.1)	35.3 (104.1)	28.9	17.5 (60.8)	23.1 (80.2)

* The node of the main stem (M) from which the tiller emerged.

** Percent values relative to the photosynthetic rate, diffusive conductance, chlorophyll content or RuBPCase content of the 14th leaf on the main stem.

Table 5. Comparison of the photosynthetic rates ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$) of the synchronously expanded leaves on the primary and secondary tillers with the 15th leaf on the main stem immediately after they expanded (Pots).

Plant No.	Primary tiller (A)	Secondary tiller (B)	(B)/(A) \times 100 (%)
1	32.7(2)*	29.3(2/2)**	89.6
	36.0(3)	26.3(2/3)	73.1
2	35.4(3)	31.9(1/3)	90.1
		27.5(2/3)	77.7
3	35.0(3)	30.4(2/3)	86.9

* The node of the main stem from which the tiller emerged.

** The node of the primary tiller from which the secondary tiller emerged. For example, (1/3) indicates the first node of the primary tiller that emerged from the third node of the main stem.

て、1次分げつ茎と2次分げつ茎の同伸葉の光合成速度を比較した。その結果、展開完了直後においてすでに、1次分げつ茎と2次分げつ茎の同伸葉の葉身の光合成速度に相違がみられた(第5表)。すな

わち、1次分げつ茎の葉身に対する2次分げつ茎の同伸葉の葉身の光合成速度の割合は小さく、とくに遅く発生した分げつ茎ほどこの割合が小さくなる傾向があった。なお、展開完了3週間後では1次分げつ茎と2次分げつ茎の葉身とも光合成速度はかなり低下し、その相違は小さくなった。

II. 主茎と分げつ茎の光合成速度の異なる要因

主茎と1次分げつ茎の同伸葉の葉身の老化に伴う光合成速度の低下程度の違いが、光合成の気孔および葉内の光合成系の活性のいずれの過程によってもたらされているかについて検討した。主茎第14葉が展開完了直後および展開完了後16日目における主茎第14葉と6,7号分げつ茎の同伸葉の光合成速度と、拡散伝導度、クロロフィル含量およびRuBPCase含量を第4表に示した。主茎と分げつ茎で光合成速度に違いがない展開完了直後は、拡散伝導度、クロロフィル含量、RuBPCase含量ともに主茎と各分げつ茎で相違はなかった。主茎に対する6,7号分げつ茎の光合成速度が50%前後に低下した展開完了後16日目では、拡散伝導度、クロロ

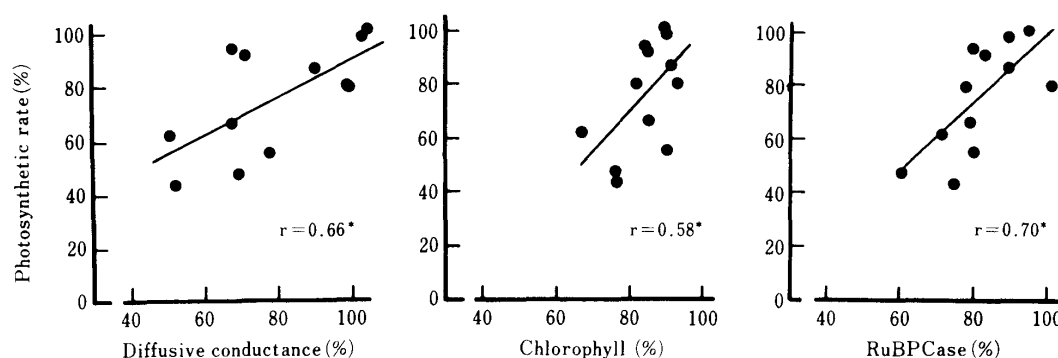


Fig. 1. Relationship between the photosynthetic rates and the diffusive conductance (A), chlorophyll content (B) or RuBPCase content (C) at 16 days after complete expansion of the 14th main stem leaf in the cultivar Nipponbare (Paddy field).

Note: Values are percent transformations of the value of the synchronously expanded leaf on the 6th or 7th primary tiller relative to the value of the 14th leaf on the main stem.

Table 6. Comparison of the photosynthetic rate ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$) between the 14th leaf on the main stem and the synchronously expanded leaves on the primary tillers of the cultivar Tainung 67 (Paddy field).

Plant No.	Immediately after expanded				16 days after expanded		
	M	5th	6th	7th	M	6th	7th*
1	32.3	26.1 (80.8)**	27.7 (85.6)	32.2 (99.6)	27.3	26.9 (98.6)	27.4 (100.3)
2	35.2	34.4 (97.8)	34.8 (98.8)	33.0 (93.7)	27.8	28.7 (103.1)	26.2 (94.1)
3	37.6	29.7 (79.2)	32.4 (86.3)	32.4 (86.4)	31.4	26.1 (83.1)	24.0 (76.5)

* The node on the main stem (M) from which the tiller emerged.

** Percent values relative to the photosynthetic rate of the 14th leaf on the main stem.

フィル含量, RuBPCase 含量はいずれも主茎に比べて分げつ茎で小さくなった。

さらに, 老化過程における光合成とそれぞれの要因の関係をみるため, 展開完了後 16 日目における主茎に対する各分げつ茎の同伸葉の光合成速度の割合と, 拡散伝導度, クロロフィル含量および RuBPCase 含量の割合との関係を第 1 図に示した。光合成速度と拡散伝導度, クロロフィル含量および RuBPCase 含量との間にはいずれも有意な正の相関関係があった。

III. 日本晴と台農 67 号の比較

分げつ数の多い日本晴と分げつ数の少ない台農 67 号の間で, 主茎と分げつ茎の同伸葉の光合成速度の相違について検討した。台農 67 号について, 展開完了直後および展開完了 2 週間後における主茎第 14 葉の光合成速度と各 1 次分げつ茎の主茎第 14 葉と同伸葉の光合成速度をそれぞれ 3 個体ずつ示した (第 6 表)。展開完了直後では, 日本晴と同様に主茎に対する 6, 7 号分げつ茎の光合成速

度の割合は 100% 近くであった。展開完了 2 週間後では, 分げつ茎の主茎に対する光合成速度の割合は 76.5% の No.3 の個体の 7 号分げつ茎を除けば, ほとんど 90—100% の範囲にあった。すなわち, 台農 67 号では第 2 表でみた日本晴と異なり, 葉身の老化の進んだ展開完了 2 週間後においても, 同一個体内の主茎の光合成速度と分げつ茎の光合成速度とはほぼ等しかった。

さらに, 両品種それぞれの主茎第 16 葉から第 13 葉までの各葉身の光合成速度に対する各 1 次分げつ茎の主茎の各葉位と同伸葉の光合成速度の割合を求め, 度数分布で示したのが第 2 図と第 3 図である。まず, 主茎第 16, 15 および 14 葉それぞれを展開完了直後に測定した結果をみると (第 2 図), 5 号分げつ茎を除けば, 両品種とも主茎に対する各分げつ茎の光合成速度の割合は, 90—100% を中心に分布し, 分げつ茎に着生する葉身の光合成速度は主茎とほとんど相違がなかった。ここで, 移植後最初に発生した 5 号分げつ茎だけは低い割合の部分にも多く

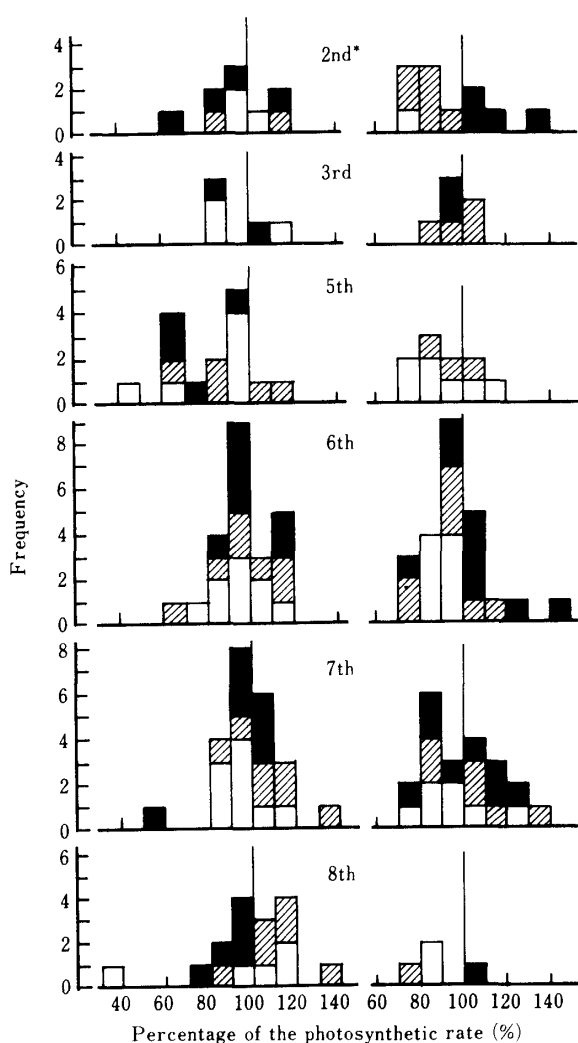


Fig. 2. Photosynthetic rates of the expanded leaves on the primary tillers expressed in percentages relative to the photosynthetic rate of the synchronously expanded leaf on the main stem in Nipponbare (left) and Tainung 67 (right), immediately after they fully expanded (Paddy field).

■: The synchronously expanded tiller leaves with the 16th leaf on the main stem.

▨: The synchronously expanded tiller leaves with the 15th leaf on the main stem.

□: The synchronously expanded tiller leaves with the 14th leaf on the main stem.

*The node of the main stem from which the tiller emerged.

分布し、主茎に比べて5号分げつ茎の葉身の光合成速度は小さかった。

つぎに、主茎第16、14および13葉それぞれを展開完了2-3週後に測定した結果をみると(第3図)、展開完了直後と異なり、100%を中心とする分布からやや左側にずれ、主茎に比べて分げつ茎の葉身の光合成速度は小さくなる傾向があった。この傾向は日本晴で顕著で、高位節より発生した6、7

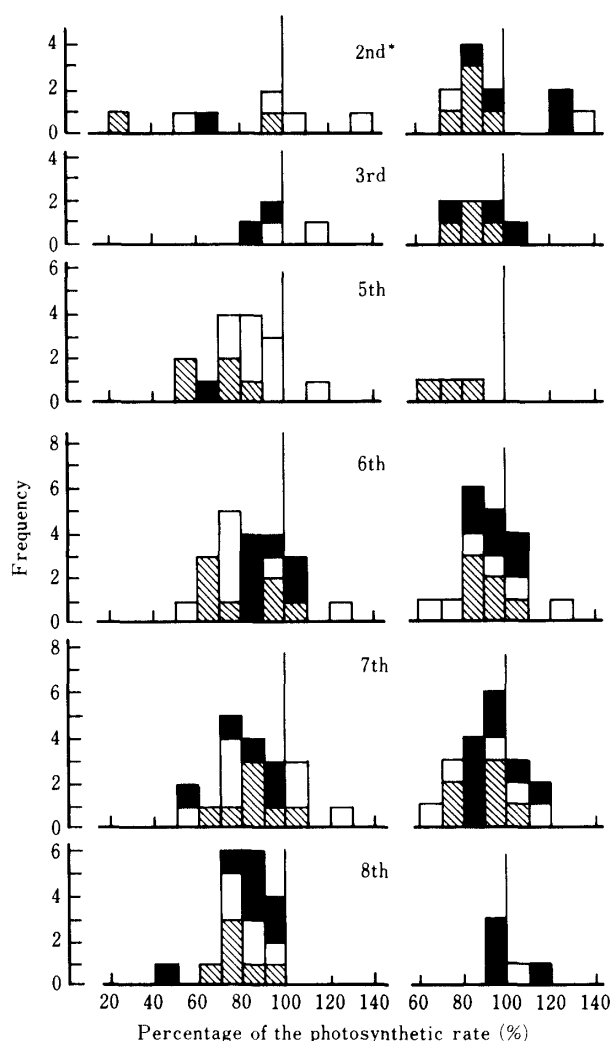


Fig. 3. Photosynthetic rates of the expanded leaves on the primary tillers expressed in percentages relative to the photosynthetic rate of the synchronously expanded leaf on the main stem in Nipponbare (left) and Tainung 67 (right), at 2 or 3 weeks after they fully expanded (Paddy field).

■: The synchronously expanded tiller leaves with the 16th leaf on the main stem.

□: The synchronously expanded tiller leaves with the 14th leaf on the main stem.

▨: The synchronously expanded tiller leaves with the 13th leaf on the main stem.

*The node of the main stem from which the tiller emerged.

および8号分げつ茎においては80%未満に多く分布し、明らかに各分げつ茎に着生する葉身の光合成速度は、主茎の対応する同伸葉より小さかった。一方、台農67号では日本晴と異なり、ほとんどが80-100%に分布し、老化の進んだ展開完了2-3週間後においても、主茎の葉身の光合成速度と各分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度との相違は小さかった。

Table 7. Comparison of the primary root number and the exudation rates between the main stem and the primary tillers immediately after the 14th leaf on the main stem fully expanded in the cultivar Nipponbare.

	M	2nd	3rd	5th	6th	7th	8th*
Primary root number	164	70 (42.7)**	60 (40.2)	53 (32.3)	51 (31.1)	50 (30.5)	22 (13.4)
Exudation rate (mg/hr)	309	380 (123.0)	341 (110.5)	286 (92.7)	215 (69.6)	252 (81.7)	204 (65.9)

* The node of the main stem (M) from which the tiller emerged.

** Percent values relative to the primary root number or the exudation rate of the main stem.

以上の結果から、分げつ数の多い日本晴では主茎に比べて分げつ茎に着生する葉身の老化の程度が大きいものに対して、分げつ数の少ない台農 67 号では主茎と分げつ茎に着生する葉身の老化にほとんど相違がなく、光合成速度からみて茎間の相違が小さいことが明らかとなった。

考 察

圃場およびポットで生育した水稻において、株を構成する各茎の同一葉位の光合成速度には、黒田らの報告⁴⁾と同様に大きな相違があった。

同一個体内の主茎と分げつ茎に分けて検討した結果、展開完了直後の葉身では 5 号分げつ茎を除いて、主茎と 1 次分げつ茎の光合成速度に違いがなかったため、茎間の相違は個体間差であると考えられた。一方、葉身の老化が進むと、主茎の葉身に比べて各 1 次分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度はかなり小さくなるので、茎間の光合成速度の相違は個体間差に加えて、主茎と 1 次分げつ茎の同伸葉の葉身の違いによって生じることが明らかとなった。

以下、同じ時期に展開完了し、外観上ほとんど違いのない主茎の葉身と分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度に違いが生じる要因について考えてみたい。

展開完了直後でも、5 号分げつ茎だけは主茎と同伸葉の葉身の光合成速度は主茎の葉身に比べて小さかった。本実験では第 7 葉抽出中の苗を移植したので、断根や地上部の損傷によって 4 号分げつ茎は休眠し、5 号分げつ茎も休眠している個体が多かった。発生した 5 号分げつ茎も、移植時のストレスの影響を受けており、その影響が幼穂形成期以降に展開した葉身の光合成速度にまで及んだと考えられる。また、展開完了直後には、2 次分げつ茎の葉身の光合成速度はその葉身と同伸葉の 1 次分げつ茎の

葉身と比べて低かった。2 次分げつ茎は休眠および無効化する個体が多く、このような条件にある茎の葉身の光合成速度も小さかった。

葉身の老化が進んだ段階においては、主茎の葉身と各 1 次分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度の間に違いが生じ、主茎の葉身に比べて各 1 次分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度は小さかった。この主茎と各 1 次分げつ茎の光合成速度の相違には、拡散伝導度、クロロフィル含量および RuBPCase 含量が関係しており、とくに RuBPCase 含量との関係が密接であった。葉身の老化に伴う光合成速度の低下は、気孔の閉鎖、葉内の光合成系の活性を表すクロロフィル含量および RuBPCase 含量の減少によって生じ^{8,9)}、この減少には根の養水分の吸収、サイトカイニンの形成などの根の生理的活性が関係している^{2,10)}、したがって、主茎と 1 次分げつ茎の同伸葉の光合成速度の違いに、主茎と 1 次分げつ茎に関連する根の生理的活性が関係している可能性が考えられる。この可能性は、主茎に比べて 1 次分げつ茎の冠根数は少なく、高位の分げつ茎は出液速度の小さいこと（第 7 表）からも支持されるので、この点についてはさらに検討をすすめる必要がある。

主茎と分げつ茎とは茎基部でつながっており、水分、N、P などの養分、光合成産物の移動が相互に行われていることが報告されている^{7,8,13,14,15)}。この相互依存関係は、³²P、¹⁴C を用いたラベル実験により、高位の節から発生した分げつ茎ほど大きく、低位の分げつ茎では主茎と生理的に独立している傾向が強いとされている^{8,13,14,15)}。主茎と高位の分げつ茎の相互依存関係が大きいとすると、本実験でみられたような主茎と高位の分げつ茎の同伸葉の光合成速度の大きな違いは生じにくいと考えられる。したがって、葉身の光合成速度からみると、主茎と分げつ茎とは独立的であって、個々に独立した茎の根の

生理的活性の違いが主茎と分げつ茎の同伸葉の光合成速度の違いをもたらしていると考ええる。

短稈穂数型の日本晴に比べて長稈穂重型の台農67号は、主茎の葉身に対する各1次分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度の老化に伴う低下程度が小さかった。株を構成する茎のほとんどは分げつ茎が占め、台農67号のように主茎の葉身と同程度に分げつ茎の主茎と同伸葉の葉身の光合成速度を高く維持されているということは、物質生産からみると重要な性質であると考えられる。台農67号のこの性質は、日本晴に比べて乾物生産量および収量が大きく、個体群内へのCO₂拡散効率がよい個体群構造の性質³⁾とともに、個体群の光合成を高め乾物生産および多収をあげる上で有利な品種特性といえる。

品種間で主茎と分げつ茎の光合成速度の関係に違いが生じることには、両品種の遺伝的特性の違いの1つである分げつ性に関係していることが考えられる。日本晴では主茎の葉身に比べて同伸葉の葉身の光合成速度の小さい傾向のある移植時に発生する5号分げつや高位節の8号分げつが多く、2次分げつもみられたが、台農67号ではこれらの分げつ茎が休眠することが多かった。日本晴のような多げつ性の品種ほど主茎の葉身に比べて光合成速度が小さい分げつ茎が多くなることが考えられる。このような分げつ性の違いと各茎の葉身の光合成速度との関係についてはさらに検討する必要がある。

今後の多収性品種の育成においては台農67号のような各茎の葉身の光合成速度を高く維持する性質を備え、1穂穎花数の大きい穂重型の品種に着目することは重要なことであると考えるが、穂重型化がすすむと穂が重く倒伏しやすくなる問題が生じる。多収性品種が備えなければならない耐倒伏性に関わる性質について、同時に検討する必要がある。

引用文献

1. 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.
2. 蔣 才忠・平沢 正・石原 邦 1988. 水稻多収性品種の生理生態的特徴について—アケノホシと日本晴の比較. 第2報 個葉光合成速度の相違とその要因.

- 日作紀 57: 139—145.
3. 黒田栄喜・大川泰一郎・石原 邦 1989. 草高の異なる水稻品種の乾物生産の相違とその要因の解析、とくに個体群内におけるガス拡散に着目して. 日作紀 58: 374—382.
4. 黒田栄喜・玖村敦彦 1989. 圃場条件下における水稻個葉の光合成の実態とその解析. 第2報 光合成速度の個葉間変異とその基礎. 日作紀 58: 347—356.
5. 黒田栄喜・玖村敦彦・村田吉男 1987. 圃場条件下における個葉のCO₂交換速度およびその関連要因の同時測定装置について. 日作紀 56: 51—58.
6. Makino, A., T. Mae and K. Ohira 1983. Photosynthesis and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase in rice leaves. Changes in photosynthesis and enzymes involved in carbon assimilation from leaf development through senescence. *Plant Physiol.* 73: 1002—1007.
7. Mimoto, H., M. Hattori and H. Chujo 1990. Translocation of nitrogen absorbed by the roots of specific tiller in rice plant. *Japan. Jour. Crop Sci.* 59: 369—376.
8. 中村公則 1963. 水稻分げつの独立性並びに無効分げつに関する生理的研究. 東北農研報 28: 53—141.
9. 大石直紀・石原 邦 1986. 水稻葉身の加齢に伴う光合成の変化—水ストレスの影響に着目して. 日作紀 55 (別 2): 95—96.
10. 副島 洋・杉山民二・石原 邦 1990. 安定同位体希釈法による水稻品種アケノホシと日本晴の出液中サイトカイニンの比較. 日作紀 59 (別 2): 141—142.
11. Sugiyama, T. and Y. Hirayama 1983. Correlation of the activities of phosphoenolpyruvate carboxylase and pyruvate orthophosphate dikinase with biomass in maize seedling. *Plant Cell Physiol.* 24: 783—787.
12. 武田友四郎・野瀬昭博 1975. 水稻個体群に於ける同伸葉の光合成速度の特性について. 日作紀 44 (別 1): 147—148.
13. 田中 明 1957. 葉位別にみた水稻葉の生理機能の特性及びその意義に関する研究. 第6報 活動中心葉の概念と各葉並びに各葉子間の相互関係. 土肥誌 28: 231—234.
14. 田中 明 1958. ————. 第11報 各葉位葉の同化作用及び同化産物の移動. 土肥誌 29: 327—333.
15. 王 泳琴・花田毅一 1982. 水稻の主茎および分げつ間における¹⁴C同化産物の移動. 日作紀 51: 488—491.
16. Winternans, J. F. G. I. and A. Mots 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochim. Biophys. Acta* 109: 448—453.