

水稻の葉の生育と葉長について

—栽植密度及び窒素施用量と関連して—

中釜明紀・長野幸男

(1983年9月30日 受理)

On the Growing of Leaves and the Leaf Lengths in Rice Plants
—In Connection with the Planting Density and the Nitrogen Application—

Akinori NAKAGAMA and Sachio NAGANO

緒 言

寒暖地間の水稻作の比較において、暖地の水稻が後期栄養凋落型の生育経過をとることがよく知られている。その原因の一つとして、初期生育が高温下で行われることにより下・中位葉が過大になること、葉身角度がやや大きいこと、それに草丈が高いことなど²⁾に起因する盛夏期以降の過繁茂現象が指摘されてきた。この栄養生長器官の過剰生育の問題は、受光態勢が改善されたとする短稈穂数型品種に移行した現在においても、とくに稚苗機械移植栽培における分けつ過多、密植化傾向などの形で依然として存在している。

水稻の栄養器官、とくに葉部の発育については、出葉経過^{3,9)}及びその規則性³⁾、葉位別葉の生育経過^{1,6,10)}及び形態形成^{11,12,13)}などをはじめ、多岐にわたる多くの研究がある。しかしこれらの研究は、主稈及び上位葉を対象とするものが多い。南九州における栄養生長の過剰の問題は、むしろ栄養生長期間の初・中期及び中・高次分けつにあるように思われる。

したがって本研究では、上記の点に留意して南九州稲作における適正な栄養生長性を実現する栽培技術確立のための基礎的知見を得ることを目的とした。そのために栄養生長全期間を通じて、栽植密度及び窒素施肥量の差異により葉部の生長及び形態が影響を受ける時期とその変化の様相について検討した。また同時に、それらについて分けつ相互間の関係についても若干の検討を行ったので報告する。

なお本研究を行うにあたり協力いただいた末永一成技官に感謝の意を表する。

材料と方法

実験は、1981年から1982年にかけて鹿児島大学農学部附属農場水田において、中生品種ミズホを供試して行った。

栽植密度は、20本/ m^2 (D_1)、40本/ m^2 (D_2) の2水準をそれぞれ23×22 cm、15.5×16 cm の正条植として設定した。窒素施用量は、0.9 kg/a (N_1)、1.8 kg/a (N_2) の2水準とし、これらを基肥、穂肥(8月25日施用)として5:4の割合に分施した。

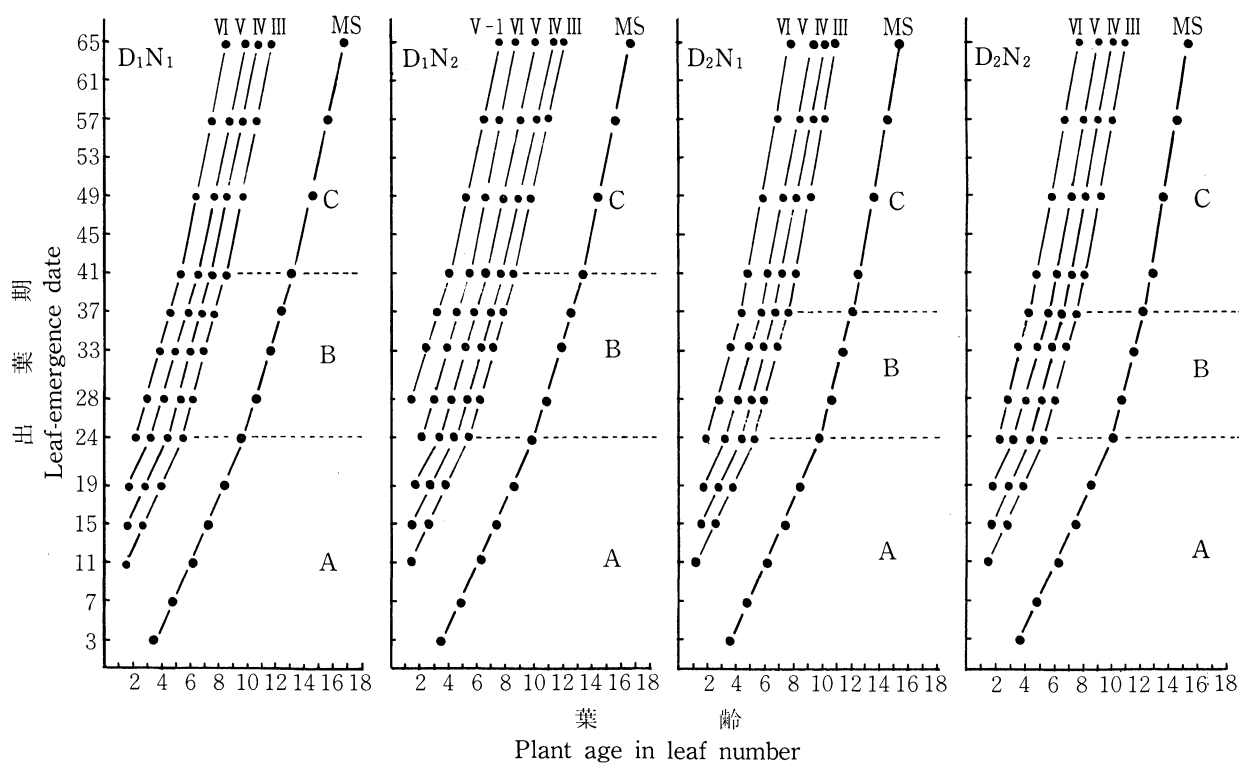
1981年は、窒素施用量2水準(N_1 区、 N_2 区)について行った。1982年は、窒素施用量2水準、栽植密度2水準を組み合わせた4処理(D_1N_1 区—標準区、 D_1N_2 区—多肥区、 D_2N_1 区—密植区、

7月下旬の後半以降で気温、日照はともに平年なみとなった。8月上旬に台風の影響がみられたが、葉部の被害は軽微で調査に支障はなかった。

1. 出葉経過について

第2図に各区の出葉経過を示した。各区の出葉経過は3段階に変化し、それぞれの段階では直線的に推移した。そこで各区における出葉期(Y)の葉齢(X)に対する回帰式から推定した出葉間隔(=回帰係数 a)を第1表に、各茎の葉数を第2表に示した。最初の出葉段階(A期)は各区とも移植後24日(主稈葉位10~11葉期)までに認められ急速な出葉を示した。第二の出葉段階(B期)は、D₁N₁, D₁N₂区が移植後41日(同13~14葉期), D₂N₁, D₂N₂区が移植後37日(同12~13葉期)まで認められ、A期に比較して出葉間隔は大となった。A, B両期の出葉間隔は、区間に大差なく、茎間にも一定の傾向は認められなかった。第三の出葉段階(C期)においては、出葉間隔はさらに大となり、この遅延の程度には区間差がみられ、D₂N₁ ≥ D₂N₂ > D₁N₁ ≃ D₁N₂の順で遅延する傾向が認められた。各茎の総葉数は、D₁N₁区との比較でD₂N₁, D₂N₂区が明らかに減少し、D₁N₂区には増加する傾向が認められたが統計的に有意ではなかった。

以上を期間差でみると、B期が全般的にA期より出葉間隔が大となったことは注目される。これには7月にみられた長期間の日照不足が影響していることが考えられるが、この点については今後



第2図 出葉経過

Fig. 2. Leaf-emergence process.

A, B, C: それぞれ第1, 第2, 第3出葉期

The first, the second and the third leaf-emergence stages, respectively.

D₁: 標準栽植密度 (20本/m²)

D₂: 密植 (40本/m²)

Standard planting density (20 plants/m²).

Dense planting (40 plants/m²).

N₁: 標肥 (0.9 kg/a)

N₂: 多肥 (1.8 kg/a)

Standard nitrogen application (0.9 kg/a).

Heavy nitrogen application (1.8 kg/a).

MS: 主稈

III, IV, , VI: 一次分げつ

V-1: 二次分げつ

Main stem.

Primary tiller.

Secondary tiller.

第1表 各出葉期における出葉間隔(日)

Table 1. Leaf-emergence intervals in the respective leaf-emergence stages (in days)

茎 Stem	出葉期 Leaf-emergence stage											
	A				B				C			
	D ₁ N ₁	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₂ N ₂	D ₁ N ₁	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₂ N ₂	D ₁ N ₁	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₂ N ₂
MS	3.34	3.31	3.38	3.31	5.06	4.97	5.47	5.99	7.16	7.10	8.07	7.67
III	3.39	3.26	3.19	3.42	5.43	5.44	5.66	5.83	6.69	6.71	7.66	7.87
IV	3.19	3.31	3.18	3.39	5.46	5.31	5.57	5.92	7.02	6.74	8.75	8.15
V	3.09	3.01	3.27	3.40	5.28	5.09	5.42	5.72	7.10	6.96	7.91	7.94
VI	—	—	—	—	5.37	4.98	5.44	6.75	7.22	7.40	8.02	7.90
VII	—	—	—	—	5.16	5.54	—	—	7.27	7.07	—	—
III-1	—	—	—	—	5.12	5.24	5.36	5.76	7.40	6.60	7.94	7.89
III-2	—	—	—	—	4.75	5.35	—	5.30	7.20	6.38	—	7.33
III-3	—	—	—	—	4.72	5.22	—	—	6.75	6.68	—	—
IV-1	—	—	—	—	5.31	5.22	—	5.68	7.06	7.47	—	8.03
IV-2	—	—	—	—	5.76	5.42	—	—	7.07	7.38	—	—
V-1	—	—	—	—	5.02	5.42	—	5.71	7.51	7.14	—	10.36
V-2	—	—	—	—	4.40	4.26	—	—	6.42	6.92	—	—

記号は第2図に同じ。

Symbols are the same as shown in Fig. 2.

第2表 各茎の葉数

Table 2. Number of leaves in the respective stems

茎 Stem	D ₁ N ₁	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₂ N ₂
MS	17.50	17.78	16.00**	16.50*
III	12.50	12.89	11.71*	11.88*
IV	12.00	12.00	10.57**	11.00*
V	10.50	10.78	9.86	9.75
VI	9.13	9.44	7.71**	8.50*
VII	8.38	8.22	—	—
III-1	10.25	10.78*	8.73**	9.25*
III-2	9.13	9.44	—	8.50
III-3	7.88	8.33**	—	—
IV-1	9.38	9.22	—	8.38*
IV-2	8.00	8.56*	—	—
V-1	8.00	8.33	—	7.00*
V-2	—	7.22	—	—

** , * : D₁N₁区に対して, それぞれ1%, 5%水準で有意

Significant at 1 and 5% levels as compared with D₁N₁.

記号は第2図に同じ

Symbols are the same as shown in Fig. 2.

追試して確かめたい。一方, B期とC期の境界は, 各区の止葉分化期によく一致し, 片山³⁾が指摘した出葉転換点に相当する。第1, 2表でみるように, D₂N₁, D₂N₂区は出葉転換点以後の出葉間隔は大となり, 葉数は明らかに少なくなった。さらにこれらの区で出葉転換期が早まる事実は, 施肥量より栽植密度のほうが出葉経過に大きく影響することを示している。

第3表 一次または二次分げつの葉齡 (Y) のそれぞれの母茎の葉齡 (X) に対する直線回帰
 Table 3. Linear regression of the plant age in leaf number of primary or secondary tiller (Y)
 on the plant age in leaf number of the respective mother stems (X)

茎 Stem	D ₁ N ₁			D ₂ N ₁			D ₂ N ₂		
	直線回帰			直線回帰			直線回帰		
	Linear regression	A ¹⁾	Linear regression	Linear regression	A	Linear regression	Linear regression	A	Linear regression
III	Y = 1.02X - 4.83	5.72	Y = 1.01X - 4.84	5.78	Y = 1.03X - 5.02	5.82	Y = 1.00X - 4.75	5.74	
IV	Y = 1.00X - 5.72	6.64	Y = 1.02X - 5.83	6.67	Y = 1.04X - 5.95	6.69	Y = 1.01X - 5.88	6.80	
V	Y = 1.03X - 7.05	7.78	Y = 1.01X - 6.85	7.75	Y = 1.05X - 7.08	7.72	Y = 1.01X - 6.82	7.74	
VI	Y = 1.00X - 7.89	8.90	Y = 1.00X - 7.94	8.94	Y = 0.98X - 7.62	8.78	Y = 0.97X - 7.16	8.68	
VII	Y = 1.00X - 9.10	10.10	Y = 0.98X - 8.86	10.06	-	-	-	-	
III-1	Y = 0.97X - 2.43	3.53	Y = 1.03X - 2.77	3.66	Y = 1.04X - 2.85	3.70	Y = 1.02X - 2.85	3.77	
III-2	Y = 1.09X - 4.47	5.03	Y = 1.05X - 4.08	4.86	-	-	Y = 1.07X - 4.49	5.12	
III-3	Y = 1.08X - 5.84	6.34	Y = 1.04X - 5.11	5.90	-	-	-	-	
IV-1	Y = 0.98X - 2.49	3.57	Y = 0.97X - 2.52	3.64	-	-	Y = 1.02X - 2.84	3.77	
IV-2	Y = 1.06X - 4.19	4.92	Y = 1.10X - 4.45	4.95	-	-	-	-	
V-1	Y = 1.00X - 2.78	3.77	Y = 0.98X - 2.72	3.79	-	-	Y = 0.89X - 2.34	3.86	
V-2	-	-	Y = 1.11X - 4.59	5.05	-	-	-	-	

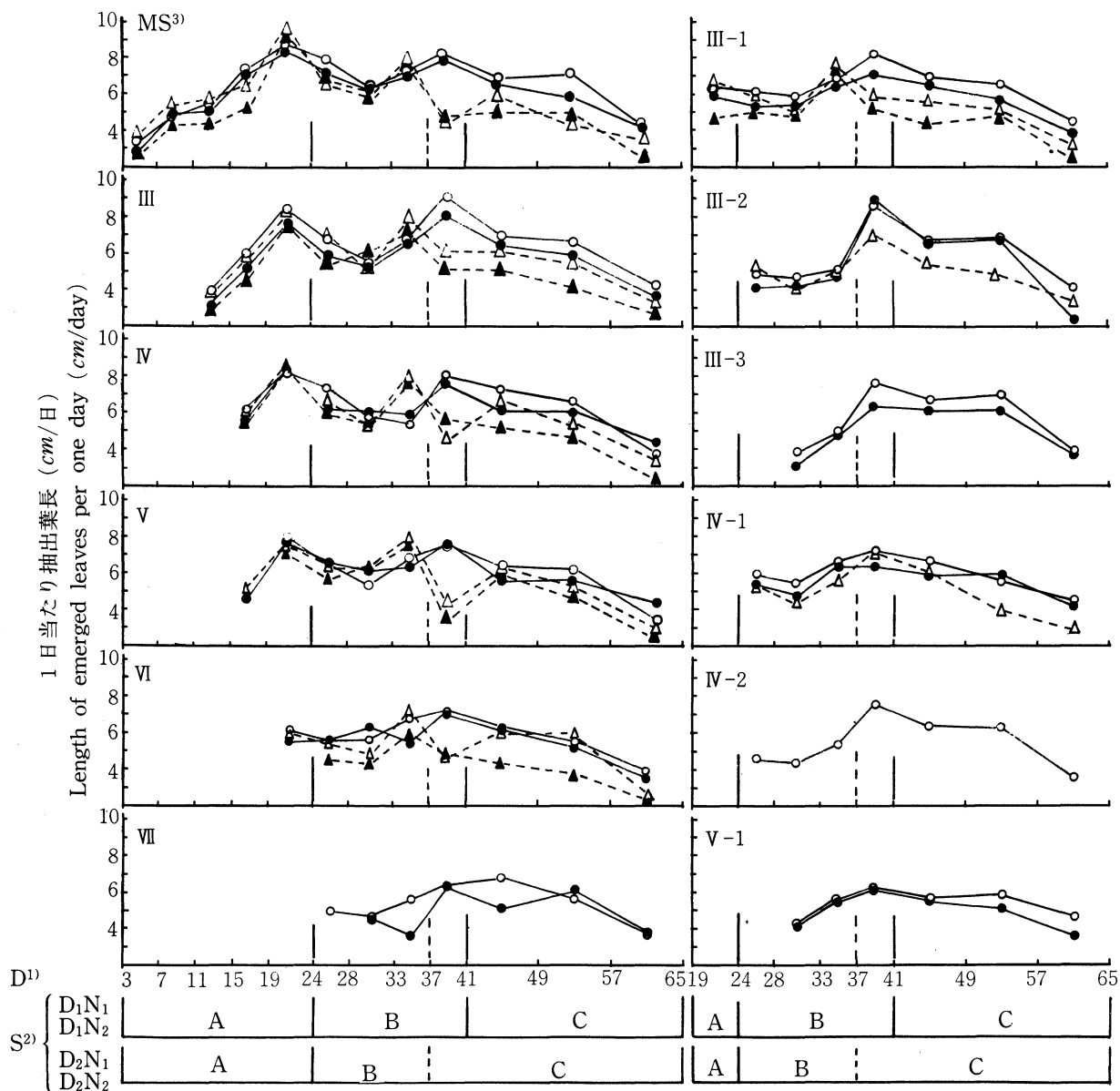
1) 一次分げつまたは二次分げつの第一葉出葉時におけるそれぞれの母茎の葉齡

Plant age in leaf number of the respective mother stem when the first leaf of the primary or secondary tiller emerged.

記号は第2図に同じ

Symbols are the same as shown in Fig. 2.

一次または二次分げつとそれぞれの親分げつとの間には、葉齡の増加経過について比例的関係が認められた。そこで各区における両者の出葉の相互関係と分げつ発生の規則性について回帰分析により検討した。一次または二次分げつの葉齡 (Y) とそれぞれの親分げつの葉齡 (X) の回帰式と、



第3図 1日当たり抽出葉長の推移

Fig. 3. Changes in length of emerged leaves per one day.

1) D: 移植後日数

Number of days after transplanting.

2) S: 出葉期

Leaf-emergence stage.

3) 記号は第2図に同じ

Symbols are the same as shown in Fig. 2.

●—●: D₁N₁ ○—○: D₁N₂ ▲—▲: D₂N₁ △—△: D₂N₂

一次または二次分げつにおける第1葉出葉期 ($Y=1$) のそれぞれの親分げつの葉齢を計算して第3表に示した。回帰係数 a の値は、いずれの区、いずれの分げつにおいても1に極めて近い値を示した。このことは、一次および二次分げつの葉齢がそれぞれの親分げつと同時進行的に増加したことを示している。分げつの第1葉出葉時の親分げつの葉齢は、一次分げつにおいては n_1+3 (n_1 は主稈における一次分げつ発生節位)、二次分げつの場合には n_2+3 (n_2 は一次分げつにおける二次分げつ発生節位) によく近似した値が得られた。このことは、一次または二次分げつの第1葉がそれぞれの親分げつにおける発生節位の3葉上位の葉とほぼ同時に出現することを示している。上記の事実から片山³⁾が指摘した同伸葉の関係が、各区の供試茎のすべてについて成立したものと見える。

2. 1日当たり抽出葉長の推移について

第3図に各区の1日当たり抽出葉長の推移を分げつ節位別に示した。1日当たり抽出葉長の推移は、第2図の出葉経過にみられたA, B, Cの3期に分けてみるとよく理解できる。すなわち1日当たり抽出葉長は、A期では終始増加傾向を示し、とくに移植後15日(主稈葉位7葉期)から24日(同10葉期)では急速な増加を示した。B期以後の1日当たり抽出葉長には、減少傾向が明らかであったが、その後半の移植後33日(同12葉期)から再び増加傾向が認められた。しかし各区がそれぞれの時期にC期に入った後、すなわち出葉転換点直後において、1日当たり抽出葉長が D_1N_1 , D_1N_2 区では漸減するのに対して、 D_2N_1 , D_2N_2 区では移植後41日(同14葉期)まで急減し、それ以後では漸減した。

1日当たり抽出葉長を主稈でみると、A期, B期では区間差は認められず、出葉転換期以後において栽植密度による相違が明瞭となった。すなわち、転換期以後の1日当たり抽出葉長の推移は D_2N_1 , D_2N_2 区で低かった。

次に1日当たり抽出葉長の分げつ間差をみると、III, IV, V, VI分げつ及び二次分げつのIII-1分げつが主稈との間で、その推移のみならず量的にもよく相似する傾向が明らかであった。しかし、他の二次分げつとの間では一定の傾向は認められなかった。そこで1日当たり抽出葉長の分げつ間差を明らかにするために、 D_2N_2 区について主稈と各分げつ、及び二次分げつとその親分げつにあたる一次分げつとの間の1日当たり抽出葉長の相関係数を求めて第4表に示した。主稈との間係において一次分げつは、VII分げつを除いて有意な相関を示し、二次分げつでも各分げつ次位の1号分げつが有意であった。一方、二次分げつはそれぞれの親分げつの一次分げつとの間ではすべて有意な相関を示した。

従来^{1,6,10)}の研究においては、葉位別に個々の葉身、葉鞘について分化、伸長、生存期間などについて調査したものが多し。本実験では、茎の生長の推移を連続的にみるために各茎の発達をのべ抽出葉長の発達としてとらえた。第N葉の葉身は抽出後、N-1葉の葉鞘に同調して発達し、そしてN葉の葉鞘の発達にともない展開を完了して成熟葉に達する¹¹⁾。この事実から本実験で用いられた1日当たり抽出葉長の変化は、葉身のみの発達に対応したものではなく、葉身プラス葉鞘の発達に対応したものであると考えられる。また第3図に明らかのように1日当たり抽出葉長の時期別変化は、出葉段階とよく一致した。このことは、1日当たり抽出葉長の変化が出葉速度に強く関連することを示している。さらに環境条件の変化が、抽出して伸長中の葉身及びその2段階前迄の葉身に最も強く表われる⁴⁾という事実から、環境条件の変化にともなう葉身の変化についても十分に表現されているものと考えられる。

永井⁹⁾は、水稻の各葉位葉の1日平均伸長速度について、第7葉から第9葉を中心にして、その

第4表 1日当たり抽出葉長に関する全分けつと主稈
および二次分けつとそれぞれの母茎の間の
相関係数

Table 4. Correlation coefficients between whole
tillers and main stem, and between sec-
ondary tillers and the respective moth-
er stems on length of emerged leaf per
one day

	MS	III	IV	V
III	0.797**			
IV	0.874**			
V	0.718*			
VI	0.718*			
VII	0.690			
III-1	0.685*	0.880**		
III-2	0.631	0.859**		
III-3	0.517	0.792*		
IV-1	0.738*		0.857**	
IV-2	0.634		0.725*	
V-1	0.763*			0.851**

** , * : それぞれ 1% , 5% 水準で有意

Significant at 1 and 5% levels, respectively.

記号は第2図に同じ

Symbols are the same as shown in Fig. 2.

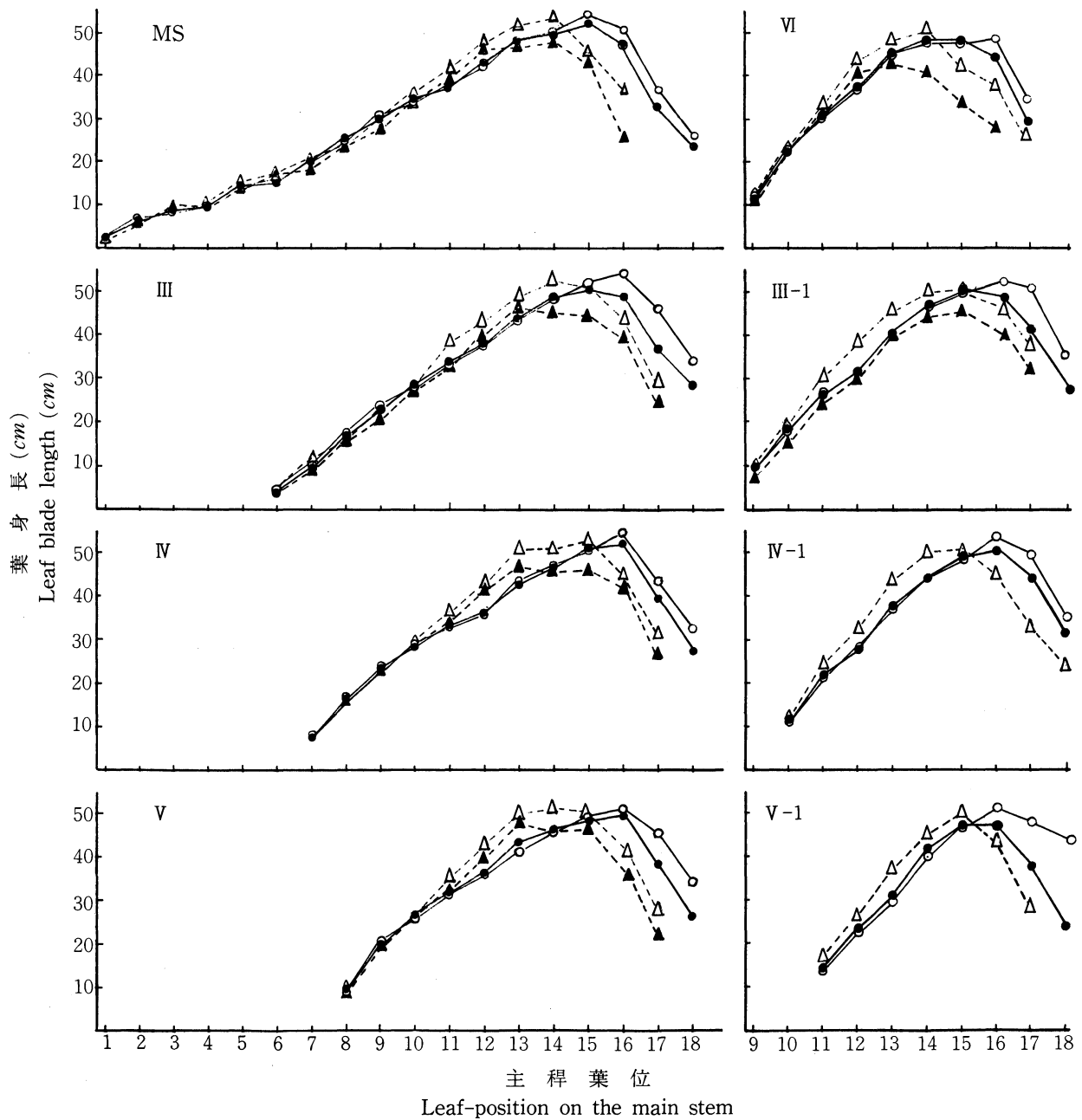
前後で漸増, 漸減するとし, 嵐ら¹⁾は, 各葉位葉の伸長期間は第7葉以後で短縮し, 第10葉が最も短くなることを報告している。これらの結果は, 本実験の1日当たり抽出葉長がA期からB期に示した推移と類似している。一方, B期にみられた1日当たり抽出葉長の減少傾向には, 前述の日照不足の影響が考えられるので, 今後の検討課題としたい。

1日当たり抽出葉長の推移は, 主稈と一次分けつ, 一次分けつと二次分けつ間でよく相似し, 量的にもよく近似する傾向が認められ, 片山³⁾が指摘した相似生長の関係が確かめられた。この点については, 王ら^{7,8)}が分けつ間で養分の移動を通じて相互に補償し合うことを認めているように, 分けつ間で一定の生長速度を維持することが推測される。

3. 主稈及び分けつの各葉位葉長について

第4図に各区の主稈及び分けつの各葉位葉長を示した。前述のように分けつ葉と主稈葉の間で同伸性が確かめられているので, 各分けつの葉位葉身長を, その相対的位置を明確にするために, 主稈同伸葉位を横軸にとって表示した。これは同時に, 各葉位葉身長の発生時期別比較となるものである。すべての区, すべての茎に共通して, 葉身長は葉位が上がるにともない増加して, 止葉の3~4葉下位で最大値を示し, それ以上で減少した。この葉身長の葉位にしたがう推移は, 既往の報告^{5,6)}と一致している。

一方, D₁N₁区との対比において各区の葉位順の葉身長の推移をみると, 施肥量, 栽植密度の相違により, すべての茎に共通して明らかな差が認められた。各区の葉身長は, ある葉位まではD₁N₁区との間に差はなく, よく類似した傾向を示したが, それ以上の葉位で有意に変化した。この葉身



第4図 主稈および各分けつの葉身長

Fig. 4. Length of leaf blade in the respective tillers.

記号は第2, 第3図に同じ

Symbols are the same as shown in Figs. 2 and 3.

長が変化する葉位には明らかな区間差が認められ、 D_1N_2 区が主稈葉位15葉から長くなったのに対して、 D_2N_1 、 D_2N_2 区はそれより早く主稈葉位11葉から長くなった。以上の変化は、各区の分けつ間においても同一時期に同様に認められ、茎間の相似性が明らかであった。

山崎¹³⁾は栽植密度による葉身長の変化について密植区の葉身長が8~9葉から長くなることを報告している。この結果は本実験のそれより早い時期を示しているが、この相違は密度条件の差によるものと考えられ、栽植の疎密により葉身長が変化する葉位が異なることを示唆している。また松島ら⁴⁾は、稲体の窒素吸収を制限、増大することにより任意に葉身長を調節できるとしている。し

