

水稻の乾物生産に及ぼす分けつ構成の影響

—栽植密度および窒素施用量と関連して—

中釜明紀・長野幸男

(1984年9月29日 受理)

Effects of Tiller-Composition on Dry Matter Production in Rice Plant
— 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、暖地水稻作の低収要因として秋落ちが指摘され、その特性が形態的、生理的側面¹⁾および作物栄養的側面³⁾から明らかにされてきた。また、最高分けつ期から幼穂形成期にいたる Lag phase の存在が指摘され^{2,13)}、栄養生理的側面からその意義が解明されてきた^{7,8,9)}。以上の暖地水稻の生育特性に関する研究にみられる南九州稲作の特徴を養分吸収経過についてみると、無機養分の吸収は生育初期から高く、他地域より早く、最高分けつ期から幼穂形成期にかけて最高に達し、それ以後急速に低下する³⁾。また、乾物生産特性についてみると、乾物増加速度が、他地域より早く、最高分けつ期から幼穂形成期の時期に最大となる⁷⁾。以上の指摘から、南九州における水稻生育の特徴は、初期生育が旺盛で後期の凋落が早いことにある。その原因として、養分保持力の弱いシラス質を主体とする土壌の特性、および生育期の過高温が、これまでに指摘されてきた。一方、他の九州各県と比較して南九州稲作の低収要因の一つとして穂数の不足が上げられる¹⁶⁾ことをあわせて考えると、まず、生育特性としての旺盛な初期生育が、穂数確保に結びついていないことが注目される。このように栄養生長前期の穂数確保上の問題点と栄養生長後期の栄養凋落が結合したところに南九州稲作の最大の特徴があるように思われる。

一般的に有効茎は、分けつの発生時期と分けつ位により決定し、発生時期が早く低位な分けつほど有効化する可能性が高い。また、分けつ茎の発達も基本的には発生時期と分けつ位に支配されることが知られている¹⁰⁾。著者らは、この点に注目して、栽植密度と窒素施肥量の差異により生ずる個体群の分けつ構成の相違が水稻生育、特に中・後期の生育にどのように影響するかを明らかにすることにより南九州における水稻生育の特徴を解明しようと試みている。前報¹⁴⁾では、分けつの出葉が、分けつ構成の相違にもかかわらず同伸的であることを確かめた。さらに出葉転換点以前の主稈第11葉以後において出葉速度が低下し、密植区の葉長が標準区に比べて有意に長くなることを認めて、それ以後の受光態勢への影響を推測した。本報では以上の生育について乾物生産の面から検討した。

水稻群落の乾物生産過程の解析については多くの詳細な研究が行われてきた¹²⁾。なかでも、草高および穂数という品種特性の観点から乾物生産を解析した研究¹⁵⁾が注目される。しかし、他に乾物生産特性の差異を分けつ数との関連で解析した研究は少ない。

本報では、栽植密度と窒素施肥量の差により分けつ構成の異なる個体群について、乾物生産特性

を分げつ位との関連で検討した。さらに、各個体群を構成する分げつの発生時期および分げつ位による葉配置の差異と比葉面積 (SLA) との関係から、分げつ期および幼穂形成期の受光態勢について推測した。また、乾物生産過程について生長解析的手法により検討した。

材料と方法

実験は、1982年に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、2水準 ($20\text{本}/\text{m}^2\text{-D}_1$, $40\text{本}/\text{m}^2\text{-D}_2$) および窒素施肥量、2水準 ($0.9\text{kg}/\text{a-N}_1$, $1.8\text{kg}/\text{a-N}_2$) を組み合わせた4処理 (D_1N_1 -標準区, D_1N_2 -多肥区, D_2N_1 -密植区, D_2N_2 -多肥密植区) について2反覆乱塊法で行った。なお、窒素は、基肥、穂肥 (8月25日施用) に5:4の割合で分施した。移植は6月21日に行い、栽植様式は正条植で、2.5葉齢の稚苗を1本植とした。

調査個体の採取は、7月5日 (分げつ始期), 7月15日 (2次分げつ発生始期), 7月25日 (最高分げつ期), 8月4日 (幼穂形成期), 8月24日 (穂ばらみ期) および9月13日 (穂揃期) に行った。各時期とも各区5個体について採取を行った。根部は採取時に切除し、水洗後に残根を除去した。各時期の調査個体は、移植直後にあらかじめ任意に決定して、その全個体について約1週間おきに葉齢と分げつ位について追跡調査を行い、分げつ位を明確にした。なお、明らかな病害虫 (萎縮病, コブノメイガ) による被害株については、採取時に予備の株に変更した。採取した調査個体は、分解して分げつ位別に葉面積計により緑葉面積を測定した。また、分げつ位別に葉身、葉鞘+茎に分けて 80°C で48時間通風乾燥したのち、器官別に乾物重を秤量した。枯死葉は除外した。個体当たり葉面積および乾物重は、分げつ位別の葉面積、乾物重を合計してもとめた。

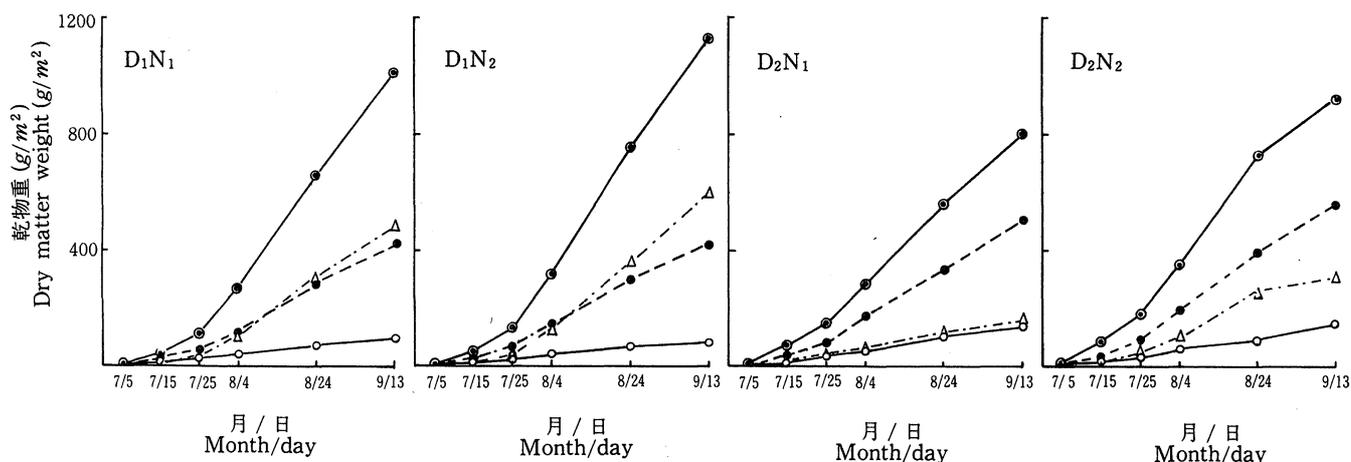
調査個体の採取時期のうち、7月15日、8月4日については、分げつの葉配置について調査した。採取後に分解された分げつについて、その地表面に相当する位置から、その茎の着生葉のすべてについて、それぞれの先端部までの高さ ($h_1, h_2 \dots h_n$) を測定した。そのうち最上位葉の先端までの高さをその分げつの葉配置の上端 (h_u) とした。また、最下葉の葉身基部までの高さを測定し、これを葉配置の下端 (h_b) とした。さらに、分げつの全着生葉の先端までの高さの平均 ($\sum_{i=1}^n h_i/n$) をその分げつの葉配置の平均点 (h_m) として、葉配置の高さを表わす指標にした。なお、葉配置の調査に供試した分げつは、着生葉4枚以上の有効茎に限定して行った。

結果および考察

実験期間中の気象条件には、7月上旬から中旬にかけて約20日間におよぶ降雨がみられ、その期間の平均気温は平年に比べて 0.7°C 低く、日照時間は平年値の36%に止まった。その他の時期の気象条件は、気温、日照ともに平年並みで順調に経過した。

1. 乾物重の推移

第1図に m^2 当り乾物重の推移を示した。乾物重に対する栽植密度および窒素施肥量の影響について時期別に分散分析を行った。その結果、出穂期直前の1時期を除いて、他では交互作用が認められなかった。そこで、乾物重に及ぼす栽植密度および窒素施肥量の効果の区間差を明確にするために、栽植密度の効果を D_2 区の D_1 区に対する増加率、施肥量の効果を N_2 区の N_1 区に対する増加



第1図 m^2 当り乾物重の推移

Fig. 1. Changes in dry matter weight per m^2 .

D₁: 標準栽植密度 (20本/ m^2)

Standard planting density (20 plants/ m^2).

N₁: 標肥 (0.9 kg/a)

Standard nitrogen application (0.9 kg/a).

D₂: 密植 (40本/ m^2)

Dense planting (40 plants/ m^2)

N₂: 多肥 (1.8 kg/a)

Heavy nitrogen application (1.8 kg/a).

○—○: 合計
Total.

○—○: 主稈
Main stem.

●—●: 1次分げつ
Primary tiller.

△—△: 2次分げつ
Secondary tiller.

率として、個体当りおよび m^2 当りについて第1表に示した。同時に、それらの効果についての分散分析の結果をF値で示した。

まず個体当り総乾物重についてみると、7月15日以降に栽植密度による区間差が有意となり、D₁区に対するD₂区の乾物重の減少傾向が明らかとなった。このD₂区の乾物重の減少傾向は、生育が進むにつれて顕著なものとなった。この個体当り総乾物重の構成を分げつ次位別にみると、D₂区のD₁区に対する乾物重の減少が生育に伴って顕著なものとなる傾向は、主稈、1次分げつおよび2次分げつともに共通した。しかし、分げつ次位間でその減少の程度を比較すると、主稈、1次分げつ2次分げつの順に大となる傾向が明らかであった。なかでも2次分げつにおける8月4日以降の顕著な減少が注目された。

一方、窒素施肥量による個体当り総乾物重の区間差は、7月15日以後のすべての時期において認められ、N₂区の窒素多施の効果が明らかであった。これを分げつ次位別にみると、施肥効果が表われる時期は異なり、分げつ次位が高次化するほど広範な時期で施肥効果が認められた。また、施肥効果の最大期を分げつ次位別にみると、次位が高次化するほど後期の施肥効果が明らかであった。また、施肥効果の程度を分げつ次位で比較すると、主稈、1次分げつ、2次分げつの順に施肥効果の高いことが認められた。

m^2 当り乾物重の推移を第1図および第1表についてみると、まず、 m^2 当り総乾物重では、7月25日までD₂区が明らかな増加傾向を示した。このD₂区の乾物増加には生育初期ほど高く、生育につれて低下する傾向が明らかで、8月4日にはD₁区とD₂区の m^2 当り乾物重に差は認められなくなった。それ以後の時期では、8月24日に交互作用が有意となったが、9月13日には区間差が認められ、概してD₁区の乾物増加の優位性が明らかであった。以上の m^2 当り乾物重の推移を分げつ次位

第1表 乾物重に対する栽植密度と窒素施肥の影響と分散分析の結果

Table 1. Effects of planting density and nitrogen application on dry matter weight and analysis of variance of them

I)		標準密度に対する密植の増加率 (Ir) と F-値 (F) Increase ratio (Ir) of dense planting to standard planting density and F-value (F)								
月/日 Month/day		主 稈 Main stem		1次分げつ Primary tiller		2次分げつ Secondary tiller		合 計 Total		
		Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	
個体当り per plant	7/5	- 6.58	0.76	- 3.23	0.05	-	-	- 7.41	0.00	
	7/15	- 7.23	10.25*	- 13.04	18.38**	- 28.79	13.94*	- 16.03	17.96**	
	7/25	- 18.51	52.47**	- 20.81	8.70*	- 44.98	42.82**	- 28.60	43.23**	
	8/4	- 19.58	14.77*	- 31.63	66.28**	- 67.39	264.69**	- 45.16	212.50**	
	8/24	- 24.30	18.86**	- 37.51	158.78**	- 70.49	1201.29**	- 53.06	958.04**	
	9/13	- 24.21	7.37*	- 37.52	193.15**	- 77.92	583.43**	- 57.22	1931.39**	
m ² 当り per m ²	7/5	86.84	35.36**	93.55	11.52*	-	-	88.79	24.04**	
	7/15	82.43	420.92**	70.43	175.57**	42.42	10.92*	67.61	133.02**	
	7/25	62.98	174.05**	45.35	62.65**	10.04	1.76	36.40	39.54**	
	8/4	60.84	50.74**	36.95	37.13**	- 34.78	17.74**	- 8.73	2.69	
	8/24	51.40	25.02**	24.98	22.62**	- 40.97	Ia(16.50**)1)	- 6.13	Ia(9.60*)	
	9/13	59.18	47.69**	25.15	7.60*	- 55.84	194.91**	- 14.65	8.70*	
II)		標肥に対する多肥の増加率 (Ir) と F-値 (F) Increase ratio (Ir) of heavy nitrogen application to standard nitrogen application and F-value (F)								
月/日 Month/day		主 稈 Main stem		1次分げつ Primary tiller		2次分げつ Secondary tiller		合 計 Total		
		Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	Ir(%)	F	
個体当り per plant	7/5	- 1.35	0.76	3.33	0.05	-	-	0.00	0.00	
	7/15	10.70	18.76**	18.91	28.21**	33.79	10.30*	18.26	17.01**	
	7/25	6.28	4.68	29.13	10.43*	28.89	8.10*	24.34	18.27**	
	8/4	5.74	0.98	15.61	9.84*	27.75	15.22*	18.59	17.97**	
	8/24	- 4.14	0.44	10.98	6.75*	37.50	101.08**	20.88	65.62**	
	9/13	- 1.31	0.02	2.67	0.63	35.17	32.03**	15.25	60.36**	
m ² 当り per m ²	7/5	0.00	0.00	6.82	0.12	-	-	1.96	0.02	
	7/15	8.98	9.12*	16.51	15.05*	37.62	8.94*	18.08	14.32*	
	7/25	6.42	2.93	16.49	10.63*	28.63	12.08*	18.14	11.54*	
	8/4	4.95	0.54	15.33	7.82*	35.01	8.89*	20.43	13.20*	
	8/24	- 4.19	0.27	12.05	5.93	48.91	Ia(16.50**)1)	24.19	Ia(9.60*)	
	9/13	- 2.06	0.10	4.72	3.50	42.75	40.24**	17.88	9.22*	

*, **: それぞれ 5%, 1%水準で有意

Significant at 5 and 1% levels, respectively.

1) 栽植密度と窒素施肥の交互作用

Interaction between planting density and nitrogen application.

別にみると、主稈および1次分けつでは、すべての時期でD₂区の増加傾向が明らかであった。それに対して、2次分けつの乾物重の栽植密度による区間差は時期により異なった。すなわち、7月15日ではD₂区の乾物増加が明らかであった。しかし、7月25日ではD₁区とD₂区の乾物重に差は認められなくなった。それ以後の時期では、8月24日に交互作用が有意となったが、D₁区のD₂区に対する乾物増加は明らかであった。

一方、m²当り乾物重の施肥量による区間差は、8月24日に交互作用が認められたが、概して個体当り乾物重の施肥効果にみられたと同様な傾向であった。

m²当り乾物重の推移において、8月24日にみられた交互作用は、D₂区の施肥効果がD₁区のそれより高いことによるものであった。これを分けつ次位別にみると、2次分けつの施肥効果が高く、D₁区が21.3%を示したのに対して、D₂区では115.4%の顕著な施肥効果が認められた。その結果、第1図に明らかなようにD₂N₂区はD₁N₂区に近い乾物重を示した。

m²当り乾物重には、生育前期でD₁区に対するD₂区の増加率が高く、8月4日(幼穂形成期)を境にして減少傾向を示す推移が認められた。この推移は、これまでに指摘⁶⁾されてきた栽植密度による生育特性とよく一致した。一方、この推移を分けつ次位別にみると、幼穂形成期以前の時期におけるD₂区の乾物重の増加は、個体当り乾物重の栽植密度による抑制度が比較的少ない主稈および1次分けつにおける栽植本数の差異を反映したものであった。しかし、幼穂形成期以後では、栽植本数の差よりも個体当りの2次分けつの乾物重が区間差に強く影響することが認められた。また、施肥効果の発現する時期は分けつ次位により異なり、幼穂形成期以後の施肥効果は2次分けつにおいてのみ顕著に認められた。以上のことをあわせて考えると、幼穂形成期以降の乾物生産の主体は2次分けつにあったものと考えられる。このことは、栄養生長期の中・後期における乾物生産が個体群の分けつ構成、特に2次分けつ数に影響されることを示唆している。一方、栄養生長期前期の窒素施用が、その濃度に応じて貯蔵炭水化物を増大させる⁵⁾ことが認められている。このことは、栄養生長期の全期で窒素の施肥効果が認められることを示しており、本実験でもm²当り乾物重において同様な結果が得られた。しかし、分けつ次位によって、施肥効果発現の時期と程度が異なることは、個体群の分けつ構成により窒素施肥の効果が異なることを示唆している。特に、2次分けつ数は、栄養生長期後期の施肥効果に強く影響するものと思われる。

2. 乾物分配率

第2表に所定期間の増加乾物重の葉身および茎(葉鞘をふくむ)への分配率を示した。まず、合計で葉身および茎への乾物分配率をみると、I期(7月5日~7月15日)では、茎葉がほぼ1:1の乾物分配を示した。これは、同化部分と非同化部分に分けて葉鞘を茎に含めたため、この時期の茎部への分配は、ほとんど葉鞘への分配と考えられる。II期(7月16日~7月25日)に葉身部への分配率が高まることが注目されたが、III期(7月26日~8月4日)以降では、茎部への分配率が高まる傾向が明らかであった。この推移には区による相違は認められなかった。しかし、これを分けつ次位別にみると、I期では、全区がほぼ同様の乾物分配を示し、1次分けつの葉身、茎への分配率が高かった。II期では、各区が1次分けつの茎への乾物分配を減じて、2次分けつ葉身および茎への分配を高めた。しかし、2次分けつの茎への分配率は、D₁N₂>D₁N₁>D₂N₂>D₂N₁の順に低くなる傾向が認められた。III期では、II期でみられた傾向が、2次分けつ葉身においても認められ、概して、D₁N₁、D₁N₂区が2次分けつ茎部および葉身への分配率を高めるのに対して、D₂N₁、D₂N₂区では1次分けつ茎部および葉身への分配率が高かった。

第2表 分けつ次位別の葉身および茎(葉鞘をふくむ)への乾物分配率

Table 2. Changes in the distribution ratio of dry matter to leaf blade and to stem (including leaf sheath) in the respective order of tiller

時期 ¹⁾ Stage	区 ²⁾ Plot	分配率(%) Distribution ratio (%)							
		葉 身 Leaf blade of				茎 Stem of			
		主稈 Main stem	1次分けつ Primary tiller	2次分けつ Secondary tiller	合計 Total	主稈 Main stem	1次分けつ Primary tiller	2次分けつ Secondary tiller	合計 Total
I	D ₁ N ₁	10.14	29.66	10.93	50.73	9.66	27.61	12.00	49.27
	D ₁ N ₂	10.43	29.74	11.61	51.78	8.54	27.48	12.20	48.22
	D ₂ N ₁	12.32	30.16	8.89	51.37	9.85	29.57	9.21	48.63
	D ₂ N ₂	11.32	28.61	10.75	50.68	9.20	28.86	11.26	49.32
II	D ₁ N ₁	7.51	27.87	20.45	55.83	5.53	21.41	17.23	44.17
	D ₁ N ₂	6.10	25.68	22.56	54.34	5.10	20.41	20.15	45.66
	D ₂ N ₁	7.89	30.37	20.20	58.46	7.37	20.95	13.22	41.54
	D ₂ N ₂	6.51	30.41	18.60	55.52	6.70	22.02	15.76	44.48
III	D ₁ N ₁	4.01	18.85	22.69	45.55	4.90	23.36	26.19	54.45
	D ₁ N ₂	4.34	20.27	23.06	47.67	3.46	22.25	26.62	52.33
	D ₂ N ₁	8.24	24.96	10.51	43.71	9.52	36.89	9.88	56.29
	D ₂ N ₂	7.27	28.61	14.64	50.52	6.01	29.61	13.86	49.48
IV	D ₁ N ₁	2.21	12.39	15.70	30.30	6.35	29.24	34.11	69.70
	D ₁ N ₂	1.54	11.10	19.75	32.89	4.78	24.77	38.06	69.70
	D ₂ N ₁	4.18	17.54	7.86	29.58	12.23	41.82	16.37	70.42
	D ₂ N ₂	3.33	14.97	14.67	32.97	7.91	33.09	26.03	67.03

1): I; 7月5日-7月15日 II; 7月16日-7月25日 III; 7月26日-8月4日 IV; 8月5日-8月24日
 July 5 - July 15. July 16 - July 25. July 26 - August 4. August 5 - August 24.

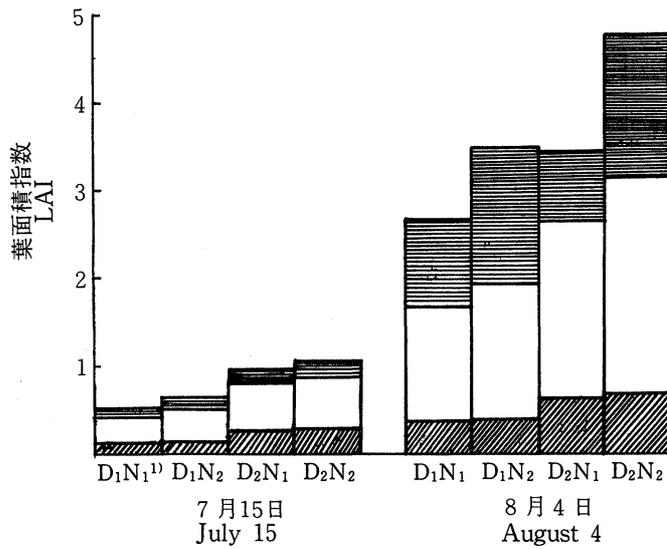
2): 第1図を参照

For explanation, refer to Fig. 1.

3. 分けつの葉配置と比葉面積の関係

7月15日および8月4日について、葉面積指数(LAI)とその分けつ次位別構成を第2図に示した。7月15日では、栽植密度によるLAIの差がみられ、D₂N₁、D₂N₂区のLAIはD₁N₁、D₁N₂区に比べて大であったが、各区の分けつ次位による構成に相違はみられなかった。8月4日では、D₂N₂区のLAIが最大を示し、D₁N₁区が最小のLAIを示した。しかし、D₁N₂区とD₂N₁区は、大差ないLAIを示し、栽植密度による明確な差は認められなくなり、むしろ窒素多施の効果が認められた。しかし、分けつ次位別構成でみると、栽植密度による相違は明らかで、D₂N₁、D₂N₂区において主稈および1次分けつの構成比の高いことが注目された。

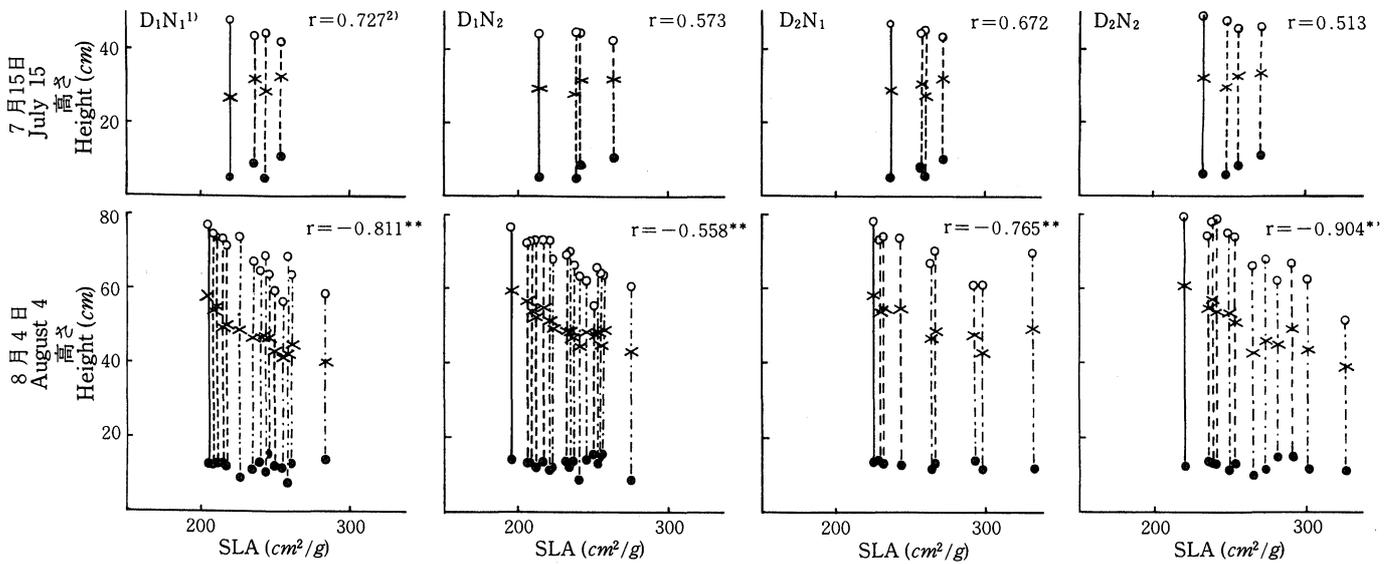
次に、分けつごとに葉面積と葉身乾物重の比により求めた比葉面積(SLA)と分けつの葉配置の関係について第3図に示した。分けつの葉配置は、上端(hu)、下端(hb)および平均点(hm)として表わした。hmを葉配置の高さとして、それとSLAの関係について相関係数で示した。まず、葉



第2図 葉面積指数 (LAI) とその分けつ次位別構成
Fig. 2. Leaf area index (LAI) and its composition of tiller-order

1) 第1図を参照
For explanation, refer to Fig. 1.

: 主 稈 Main stem.
 : 1次分けつ Primary tiller.
 : 2次分けつ Secondary tiller.



第3図 分けつの葉配置と比葉面積 (SLA) の関係

Fig. 3. Relation between leaf arrangement of tiller and specific leaf area (SLA)

** : 1%水準で有意
Significant at 1% level.

- 1) 第1図を参照
For explanation, refer to Fig. 1.
- 2) 葉配置の高さ (hm) と SLA の相関係数
Correlation coefficient between height of leaf arrangement (hm) and SLA.

- : hu ; 葉配置の上端 (各分けつの最上葉の先端の高さ)
The top of leaf arrangement (height of uppermost leaf top in the respective tiller).
- : hb ; 葉配置の下端 (各分けつの最下葉の葉身基部の高さ)
The bottom of leaf arrangement (height of lamina joint of bottom leaf in the respective tiller).
- × : hm ; 葉配置の高さ (各分けつの葉の先端の高さの平均値)
Height of leaf arrangement (mean value of heights of leaf tops in the respective tiller).

: 主 稈 Main stem.
 : 一次分けつ Primary tiller.
 : 二次分けつ Secondary tiller.

配置についてみると、 hu は、分げつの発生時期が早まるほど高くなる傾向が両期で認められた。さらに、分げつが一定の生育段階に達すると、分げつ間でほぼ同様の高さを示すことが、8月4日の主稈および1次分げつで認められた。一方、 hb は、7月5日において分げつ位が上がるほど葉鞘が長くなるために、若い分げつほど高くなった。8月4日の主稈および1次分げつには、下葉の枯上りによる hb の上昇が認められた。 hm は、7月15日では分げつ間でほぼ同様な高さを示した。8月4日では、主稈および1次分げつにおいて hu に伴う hm の上昇が認められ、その下層に2次分げつが、分げつ間でほぼ同程度の高さの葉配置を示した。

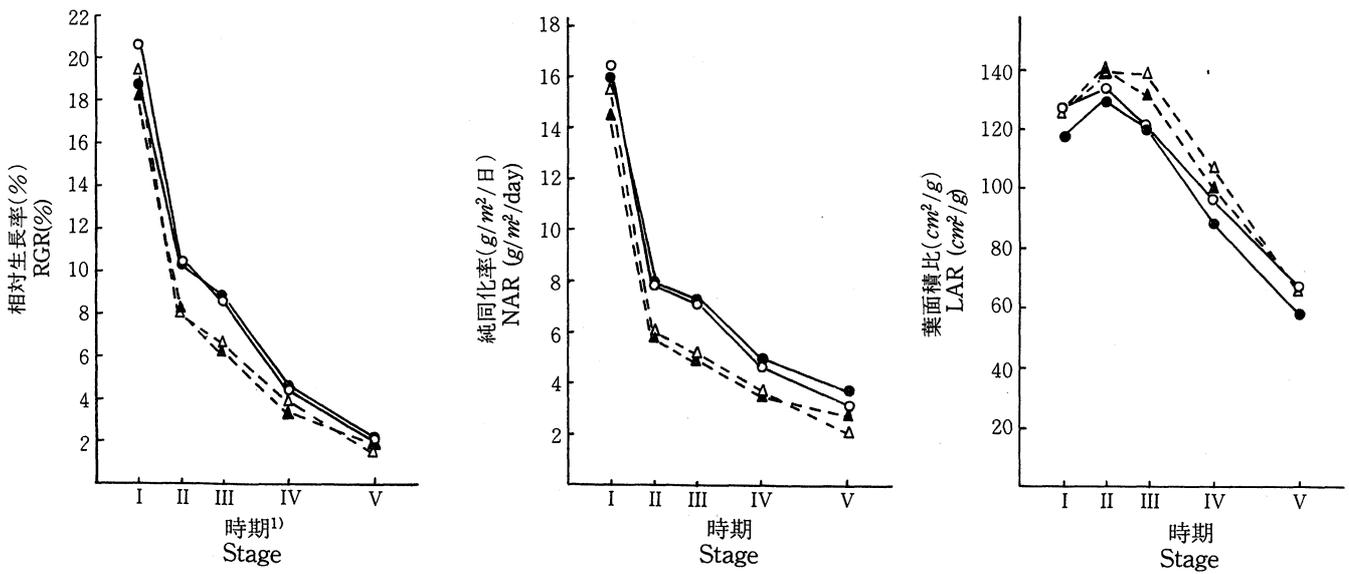
SLA と hm の間には、8月4日に有意な負の相関関係が認められ、高い葉配置の分げつが小さい SLA を持つことが明らかとなった。しかし、この hm と SLA の関係を詳細にみると、その関係は分げつ次位により異なることが認められた。すなわち、一定の関係を示すのは主稈および1次分げつであって、その下層の2次分げつでは、ほぼ同程度の高さの葉配置をもつ分げつが、大きくて幅広い SLA の分布を示した。この2次分げつにおける SLA の分布の幅は、 D_1N_1 、 D_1N_2 区に比べて D_2N_1 、 D_2N_2 区で広い範囲を示すことが注目された。

分げつの葉配置は、その分げつの発生時期にしたがう生育に伴って高くなることが認められた。また、分げつ葉の SLA は、この葉配置の変化に伴って小となった。SLA の大きい品種が弱光条件下における純同化率の低下が少ない⁴⁾ことが知られている。これと関連して、葉配置の低い分げつが大きい SLA を示すのは、群落下層の弱光条件への葉の形態的適応であると考えられる。さらに分げつの生育に伴う受光条件の改善により SLA が小さくなることが推定される。

8月4日に、葉配置の低い2次分げつにおいて、標準密度区に比べて密植区の SLA が大きく、幅広い分布を示すことが認められた。8月4日における葉配置は、主稈および1次分げつで最も高く、小さい SLA を示している。一方、第2図に明らかのように、密植区の LAI は、標準密度区に比べて主稈、1次分げつの構成比が高い。これらのことは、密植区で群落下層に SLA の小さい(厚い)葉を多く配置したことを示している。SLA の大小は、群落内への光の透過率に関係して、受光能率に影響を与える¹¹⁾から、密植区の受光能率が低下していたことが推測される。そのために、下層の2次分げつの SLA が、標準密度区に比べて大となったものと考えられる。以上のように、発生時期の早い分げつが高い葉配置を持ち、小さい SLA を示すことは、分げつ構成が群落の受光能率に関与することを示唆している。8月4日は、幼穂形成期に相当するところから、幼穂形成期以後に密植区の乾物増加率が低下することと関連して、このことは注目される。

4. 生長解析

第4図に各区の相対生長率 (RGR)、純同化率 (NAR) および葉面積比 (LAR) の推移を示し、それらの生長解析の結果を第3表に示した。RGR と NAR には生育初期に高く、生育経過にしたがって低下する類似の推移が認められ、両者の間にはII期以降のすべての時期で高い正の相関関係が得られた。RGR と NAR は、II期において急激な低下を示した。その低下には栽植密度による相違が認められ、 D_2N_1 、 D_2N_2 区の低下が大であった。この差は、III期までつづき、IV期以降で D_1N_1 、 D_1N_2 区に低下率の増大が認められ、栽植密度による差は少なくなった。LAR には、II期にピークを示し、それ以後で減少する推移が認められた。このピークの高さには、栽植密度による相違が明らかで、 D_1N_1 、 D_1N_2 区に比べて、 D_2N_1 、 D_2N_2 区が高かった。この差は、むしろIII期において明確となり、 D_1N_1 、 D_1N_2 区がIII期において LAR を急減させるのに対して、 D_2N_1 、 D_2N_2 区が漸減させた。RGR と LAR の間には、II期以降に負の相関関係が認められたが、III期を除いて有意な関係は認められなかった。



第4図 相対生長率 (RGR), 純同化率 (NAR) および葉面積比 (LAR) の推移

Fig. 4. Changes of relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) and leaf area ratio (LAR).

1) 第2表, 第3表を参照

For explanation, refer to Tables 2 and 3.

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

第3表 RGR と NAR および RGR と LAR の相関係数

Table 3. Correlation coefficients between RGR and NAR, and RGR and LAR

時期 ¹⁾ Stage	NAR	LAR
I	0.6541	0.5455
II	0.9763**	-0.6518
III	0.9940**	-0.8592**
IV	0.8787**	-0.2600
V ²⁾	0.9514**	-0.5526

** : 1%水準で有意

Significant at 1% level.

1) 第2表を参照

For explanation, refer to Table 2.

2) 8月25日 - 9月13日

August 25 - September 13.

以上のように、生長解析の結果、RGRがII期以降の全期においてNARに大きく影響されることが明らかとなった。一般的に、乾物生産は、生育初期には葉面積の大小に支配されるが、その後は葉面積当りの乾物生産能率に支配される。また、LARの拡大は、NARの低下を招く¹¹⁾ことが知られている。そこでNARとLARの関係についてみると、II期、III期、IV期にそれぞれ $r = -0.853^{**}$ 、 $r = -0.888^{**}$ 、 $r = -0.679^*$ と負の相関関係が認められた。LARの推移には、II期およびIII期に栽植密度による相違が認められ、 D_2N_1 、 D_2N_2 区のLARが大であった。これがII期以後の D_2N_1 、 D_2N_2 区におけるNARの低下をもたらしたものと推測される。このII、III期におけるLARの拡大は乾物分配の変動を伴うことが考えられた。そこで第2表で得られた増加乾物重の器官別分配率とLARとの相関係数を第4表に示した。LARと乾物分配率の間には、III期において明らかな関係が認められた。すなわち、主稈および1次分げつ葉身部への乾物分配率とLARの間には、有意な正の相関関係が成立した。しかし、2次分げつ茎部への乾物分配率との間には、有意な負の相関関係が認められた。このことは、III期の主稈および1次分げつの葉身部への乾物分配率の高まりが、LARの拡大に結びつくことを示している。さらに、主稈、1次分げつ葉身部への乾物分配の多少は、2次分げつ茎部への乾物分配の多少に関連することを示すものと考えられる。III期は最高分げつ期から幼穂形成期に相当する期間であり、第3図の8月4日における主稈および1次分げつのSLAを栽植密度間で比較すると、 D_2N_1 、 D_2N_2 区のSLAは明らかに大であった。SLAはLARと密接な関係をもつものであり、III期における密植区のLARが主稈および1次分げつで拡大したことが推定される。一方、第4図のNARの推移をみると、 D_2N_1 、 D_2N_2 区がII期以降において安定したNARの低下を示すのに対して、 D_1N_1 、 D_1N_2 区がIV期で低下速度を増大させる。このことと、 D_2N_1 、 D_2N_2 区のIII期におけるLARの拡大は、関連して出穂期前後の乾物生産に影響することが推測されるが、今後の検討課題としたい。

第4表 LARと分げつ次位別の葉身および茎への乾物分配率との相関係数

Table 4. Correlation coefficients between LAR and distribution ratios of dry matter to leaf blade and to stem in the respective order of tiller

時期 ¹⁾ Stage	乾物分配率 Distribution ratio of dry matter					
	葉身 Leaf blade of			茎 Stem of		
	主稈 Main stem	1次分げつ Primary tiller	2次分げつ Secondary tiller	主稈 Main stem	1次分げつ Primary tiller	2次分げつ Secondary tiller
I	0.3935	0.4133	0.3416	-0.7202*	-0.0880	-0.3412
II	0.0514	0.4288	-0.1772	0.5432	-0.0906	-0.5018
III	0.7100*	0.8745**	-0.5907	0.4275	0.6283	-0.8090**
IV	0.3738	0.5924	-0.1936	0.2450	0.3318	-0.4844

*, **: それぞれ5%, 1%水準で有意
Significant at 5 and 1% levels, respectively.

1) 第2表を参照
For explanation, refer to Table 2.

摘 要

水稻の分けつ構成が栄養生長期の乾物生産に及ぼす影響を明らかにするために栽植密度 2 水準 (D_1 —20本/ m^2 , D_2 —40本/ m^2), 窒素施肥量 2 水準 (N_1 —0.9 kg/a, N_2 —1.8 kg/a) を組み合わせた 4 処理区について, 乾物重の推移, 乾物分配率, 分けつの葉配置について調査した。結果は以下のとおりであった。

1) 密植 (D_2) 区の m^2 当り乾物重は, 栄養生長前期において, 標準密度 (D_1) 区に対して高い増加率を示したが, それは生育につれて低下し, 幼穂形成期以後において D_1 区の m^2 当り乾物重が増加した。この幼穂形成期以後の m^2 当り乾物重の栽植密度による区間差は, 2 次分けつの乾物重の差にもとづいた。また, 幼穂形成期後に, 2 次分けつの乾物重に対する顕著な窒素施肥の効果が認められた。

2) 乾物分配率は, D_2 区において 1 次分けつの葉身および茎への分配率が高かったのに対して, D_1 区では, 最高分けつ期以後において 2 次分けつへの分配率が高くなった。

3) 分けつの葉配置の高さと比葉面積 (SLA) の間には, 幼穂形成期において負の相関関係が認められ, 葉配置の高い分けつの SLA は小で, 低い分けつの SLA は大となることが認められた。

4) 相対生長率 (RGR) と純同化率 (NAR) の間には II 期 (2 次分けつ発生始期~最高分けつ期) 以後において正の相関関係が認められた。また, RGR と葉面積比 (LAR) および NAR と LAR の間には III 期 (最高分けつ期~幼穂形成期) に, 負の相関関係が認められた。III 期において LAR と主稈および 1 次分けつ葉身部への乾物分配率の間に正の相関関係が認められ, 2 次分けつ茎部への乾物分配率との間に負の相関関係が認められた。

文 献

- 1) 嵐 嘉一 1960 水稻の生育と秋落診断, 養賢堂, 東京, 96—158.
- 2) 藤井義典 1968 作物学会シンポジウム紀事 2 : 8—14.
- 3) 萩原種雄・西原典則・松井幹雄 1958 暖地水稻の生育経過に関する肥料学的研究 福岡農試, 1—69.
- 4) Hayashi, K. 1968 Japan. Jour. Crop Sci. 37 : 528—533.
- 5) 玖村敦彦 1956 日作紀 24 : 177—180.
- 6) 神田巳季男・佐藤文宏 1963 東北大農研彙報 15 : 37—52.
- 7) 清野 馨・山下鏡一・本松輝久・諸岡 稔 1976 九州農試報告 18 : 133—156.
- 8) _____・_____・_____・_____ 1976 同上 18 : 157—174.
- 9) _____・_____・_____・_____ 1978 同上 19 : 351—381.
- 10) 松尾大五郎 1958 稲作診断編, 養賢堂, 東京, 66—87.
- 11) 村田吉男 1959 日作紀 27 : 422—425.
- 12) _____ 1961 農技研報告 D 9 : 1—169.
- 13) 中村公則 1971 農林水産技術会議事務局 研究成果 49 : 232—233.
- 14) 中釜明紀・長野幸男 1984 鹿大農場研報 9 : 1—12.
- 15) 翁 仁憲・武田友四郎・縣 和一・箱山 晋 1982 日作紀 51 : 510—518.
- 16) 渡辺進二 1983 農業技術 38 : 400—404.

Summary

This experiment was carried out in order to make clear the effects of tiller-composition on the dry matter production under the vegetative stage.

Preparation was made on the four sorts of treatment in which two levels of planting density (D_1 -20 plants/ m^2 , D_2 -40 plants/ m^2) and two levels of nitrogen application (N_1 -0.9 kg/a, N_2 -1.8 kg/a) were put into combination; and then investigations were carried out on the change of dry matter, the distribution ratio of dry matter and the arrangement of tiller-leaf.

The results obtained are as follows:

1. In the early vegetative stage, dry matter weight per m^2 in dense planting plot (D_2) showed a high increasing ratio in contrast to that in the standard planting plot (D_1). But, the increasing ratio in D_2 decreased with the growth. After the panicle differentiation stage, increasing ratio of that in D_1 became higher than that of D_2 because of an increase of dry matter weight in the secondary tiller.

After the panicle differentiation stage, a remarkable effect of nitrogen application on dry matter weight in the secondary tiller was recognized.

2. In D_2 , distribution ratios of dry matter both to leaf blade and to stem (including leaf sheath) of the primary tiller showed higher ones as compared with other orders of tiller through the whole stage. On the other hand, in D_1 , those of the secondary tiller became higher than the other orders of tiller after the maximum tiller number stage.

3. At the panicle differentiation stage, specific leaf area (SLA) was correlated negatively with the leaf arrangement, namely, the lower the leaf arrangement, the larger the SLA.

4. Relative growth rate (RGR) was correlated positively with net assimilation rate (NAR) through whole stage on and after the II stage (from the secondary tiller differentiation stage to the maximum tiller number stage) and it was correlated negatively with leaf area ratio (LAR) at the III stage (from the maximum tiller number stage to the panicle differentiation stage).

At the III stage, LAR was correlated positively with the distribution ratios of dry matter both to the leaf of the main stem and to the primary tiller, and it was correlated negatively with the distribution ratio to the stem of the secondary tiller.