

遮光および窒素濃度に対する水稻の分げつ反応の品種間差異

—多げつ性半矮性インド型稲と少げつ性日本型稲の比較—

山本由徳・黒川 洋・新田洋司・
吉田徹志

(高知大学農学部)
1994年10月18日受理

要 旨 : 出穂期がほぼ等しく分げつ性に優れる半矮性インド型稲の IR36 と分げつ性の劣る穂重型日本型稲の黄金錦を供試し、遮光と培地窒素濃度に対する分げつ反応の品種間差異について、乾物生産特性の面から解析を行った。

1. 1/5000 a ワグネルポットを用いて遮光 [0(無遮光), 40, 77%] と窒素濃度 [10, 20(標準), 40 ppm] を組み合わせた水耕栽培の結果、両品種とも遮光程度が強くと窒素濃度が低い区ほど分げつ数は減少したが、いずれの条件下でも IR36 の最高分げつ数は黄金錦の 2~2.5 倍の値を示した。対照 (無遮光・標準窒素濃度) 区に対する各処理区に分げつ発生割合をみても、IR36 は黄金錦よりも高く、環境要因の変動に対して安定した分げつ能力を示し、とくに強遮光条件下での差異が大きく認められる傾向にあった。

2. 両品種とも地上部乾物重の増加に伴って分げつ数は多くなったが、乾物重が同一水準での分げつ数は IR36 が黄金錦に優った。これには分げつへの乾物分配率が IR36 で優れていることが密接に関係しており、黄金錦の無遮光区と IR36 の強 (77%) 遮光区の割合がほぼ等しかった。一方、両品種の遮光および窒素濃度の変動に伴う分げつ数の多少は主に乾物生産量に支配された。

キーワード : 乾物生産, 乾物分配, 遮光, 水耕栽培, 水稻品種, 培地窒素濃度, 分げつ数, 分げつ性。

Varietal Differences of Tillering Response to Shading and Nitrogen Levels in Rice Plant Comparison between high tillering semidwarf indica and low tillering japonica : Yoshinori YAMAMOTO, Hiroshi KUROKAWA, Youji NITTA and Tetsushi YOSHIDA (*Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan*)

Abstract : Using high tillering semidwarf indica, IR36, and panicle type and low-tillering japonica, Koganenishiki (KN), varietal differences of tillering response to shading and nitrogen (N) levels were studied in respect to dry matter production. Though the number of tillers in both varieties grown under conditions combined three shading (0, 44, 77%) and three N (10, 20, 40ppm) levels reduced in proportion to lowering light intensity and N level, the maximum tiller number of IR36 in each plot was 2-2.5 times higher than KN, and the ratio to control plot (no-shading and 20 ppm N) was higher in IR36 than KN, especially in the highest shading plot. These results show that IR36 has stable tillering ability in comparison with KN, irrespective of environmental conditions. The number of tillers in both varieties increased in proportion to increasing the top dry matter production, but that at the same top weight was higher in IR36 than KN. This varietal difference was based on the higher dry matter partitioning ratio to tillers in IR36 and it was almost the same in the no-shading plot in KN and in the 77% shading plot in IR36. On the other hand, fluctuation in the number of tillers by shading and N levels in both varieties was brought about through the amount of dry matter production.

Key words : Dry matter partitioning, Dry matter production, Nitrogen level in solution, Number of tillers, Rice variety, Shading, Solution culture, Tillering ability.

水稻の穂は主稈穂と分げつ穂によって構成されるが、一般の栽培条件下では収量への貢献度は分げつ穂で大きい。従って、水稻の分げつは収量を決定する主要形質であり、分げつ性の品種間差異や環境要因に対する分げつの生育反応等について解析を行うことは、水稻の収量水準を向上する上で重要となる。片山¹²⁾は同伸葉・同伸分げつ理論において、主茎と一次分げつおよび次位を異にする分げつの母茎と分げつとの間には母茎の (n+3) 葉と第 n 節の分げつの第 1 葉が同伸性を示す関係を見いだしていることから、分げつ発生数の品種間差異や環境要因による

差異については、第一義的には母茎とくに主茎の出葉速度の差異に基づくものであり、母茎の葉齢と分げつ発生数の多少との関係を取り扱った報告は多い^{2-4,12,16-18,20,34)}。

一方、水稻の分げつ芽は母茎の葉腋部に品種の草型や環境条件に支配されずに、母茎の葉の分化と一定の関係 (母齢 m の時に第 m 節分げつ芽が分化) を保ちながら分化するが、この分化した分げつ芽が伸長を継続しうるかどうかはその後の生育環境に依存するとされている^{4,9,21,26,33)}。すなわち、高日射^{1,4,6,8,25,27,30)}、高窒素条件^{6,7,8,13,14,20,22,28-30)} 等の乾物

生産上、有利な条件下では分けつとして発育する場合が多い。しかし、従来、分けつ性の品種間差異と乾物生産特性との関係や環境要因の変動に伴う分けつ反応と乾物生産特性との関係について検討した報告は少ない⁶⁾。

本研究は、出穂期がほぼ等しく、分けつ性に優れる半矮性インド型稲の IR36 と高知県の普通期栽培用品種で分けつ性の劣る穂重型日本型稲の黄金錦を用いて、分けつ性の品種間差異および両品種の環境要因（日射量と培地窒素濃度）に対する分けつの増加反応の差異を最高分けつ期までの乾物生産特性の面から解析することを目的とした。

材料と方法

供試品種には出穂期がほぼ同じ（8月下旬）で、分けつ性の半矮性インド型稲品種 IR36 と穂重型で比較的少分けつ性の日本型稲品種黄金錦を用いた。両品種の催芽籾を田植機育苗培土を充填したポット式育苗箱に1穴1粒ずつ、1989年5月17日に播種した。6月10日（IR36:5葉齢、黄金錦:4葉齢）に分けつ1本（IR36:第3節分けつ、黄金錦:第2節分けつ）を有する苗に仕立て、1/5000 a ワグネルポットに1本植で水耕栽培を開始した。苗の固定はザルに入れた直径約1 cmの小石で行った。移植後水道水だけで2日間、窒素濃度を10 ppmとした培養液（第1表）で7日間育成し、その後は標準窒素濃度20 ppmの培養液を4日毎に交換して7月7日の処理開始時（分けつ盛期初期）まで培養した。処理区は遮光処理として無遮光（C）区と自然光の約1/2と1/4まで遮光した40%遮光（S1）区および77%遮光（S2）区の計3区を、窒素濃度は20 ppmを標準濃度（1N）区とし、10 ppmの低濃度（1/2N）区、40 ppmの高濃度（2N）区の計3区を設け、これらを組み合わせた合計9処理区を設けた。C区（屋外）の処理期間における快晴時の正午付近の地上約1 mにおける照度は約11万 luxであった。培養液組成は第1表に示した通りであり窒素濃度以外は同一濃度とした。また、遮光処理はS1区については網室内にポットを搬入することにより、S2区については灰色の寒冷紗を張った木枠（105 cm×205 cm×100 cm）をポット上にかぶせる方法によった。なお、C区は屋外の無遮光自然光下で生育させた。供試ポット数は各処理区とも5ポットである。処理は分けつ盛期初期の7月7日から最高分けつ期の8月1日まで行った。培養液の交換は4～5日毎に行い、交換時に1N、硫

Table 1. Constituents of elements used in solution culture.

Element	Chemical	Concentration (ppm)
N*	(NH ₄) ₂ SO ₄	10, 20, 40
P	NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	10
K	KCl	20
Mg	MgCl ₂ · 6H ₂ O	10
Ca	CaCl ₂ · 2H ₂ O	10
Mn	MnCl ₂ · 4H ₂ O	0.5
Zn	ZnCl ₂	0.05
B	H ₃ BO ₃	0.2
Cu	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.02
Mo	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.05
Si	Na ₂ SiO ₃	50
Fe	Fe-EDTA	2

*20 ppm is standard conc. (1N), and 10 and 40 ppm are 1/2N and 2N, respectively.

酸で pH 4.5～5.0 に調整した。

処理開始後、4～8日毎に分けつ数、草丈、葉身長を各区全ポットについて測定した。そして、処理終了時に生育中庸な3株を抜き取って十分通風乾燥させた後、葉身、葉鞘+茎、根の各部位別乾物重を測定した。また、3株のうち分けつ数が各処理区の平均値に最も近い1株について葉面積を測定し、さらに地上部乾物重を主茎と分けつ別に測定した。

結果と考察

第1図には6月10日にポットに1本植してからの両品種の各処理区に分けつ数の推移を示した。遮光および窒素濃度処理期間は分けつ盛期初期（7月7日）～最高分けつ期（8月1日）に相当した。まず、C-1N（無遮光—標準窒素濃度、対照）区についてみると、既に処理開始時点でIR36の分けつ数は10.8本、黄金錦は5.2本で分けつ出現数に約2倍の差が認められ、8月1日の処理終了時にはIR36の分けつ数は48.0本、黄金錦のそれは23.8本で、その差は2倍以上であった（第1図）。この両品種の分けつ数の差は、出葉速度の差異に基づく1次分けつ出現節数および1次分けつ出現節当りの平均分けつ数（すなわち、2次以上の高次分けつの出現数）の両者によるものであったが、とくに後者の差が大きかった（第2表）。両品種ともC-1N区にくらべてC-2N区では分けつ数が増加した。これに対して、遮光程度が大きくなるにつれて^{1,4,6,8,25,27)}、また窒素濃度が低下するにつれて^{6,7,8,13,14,20,22,28-30)}分けつ数は減少したが、S2区では分けつ出現数に及ぼす窒素濃度の影響は

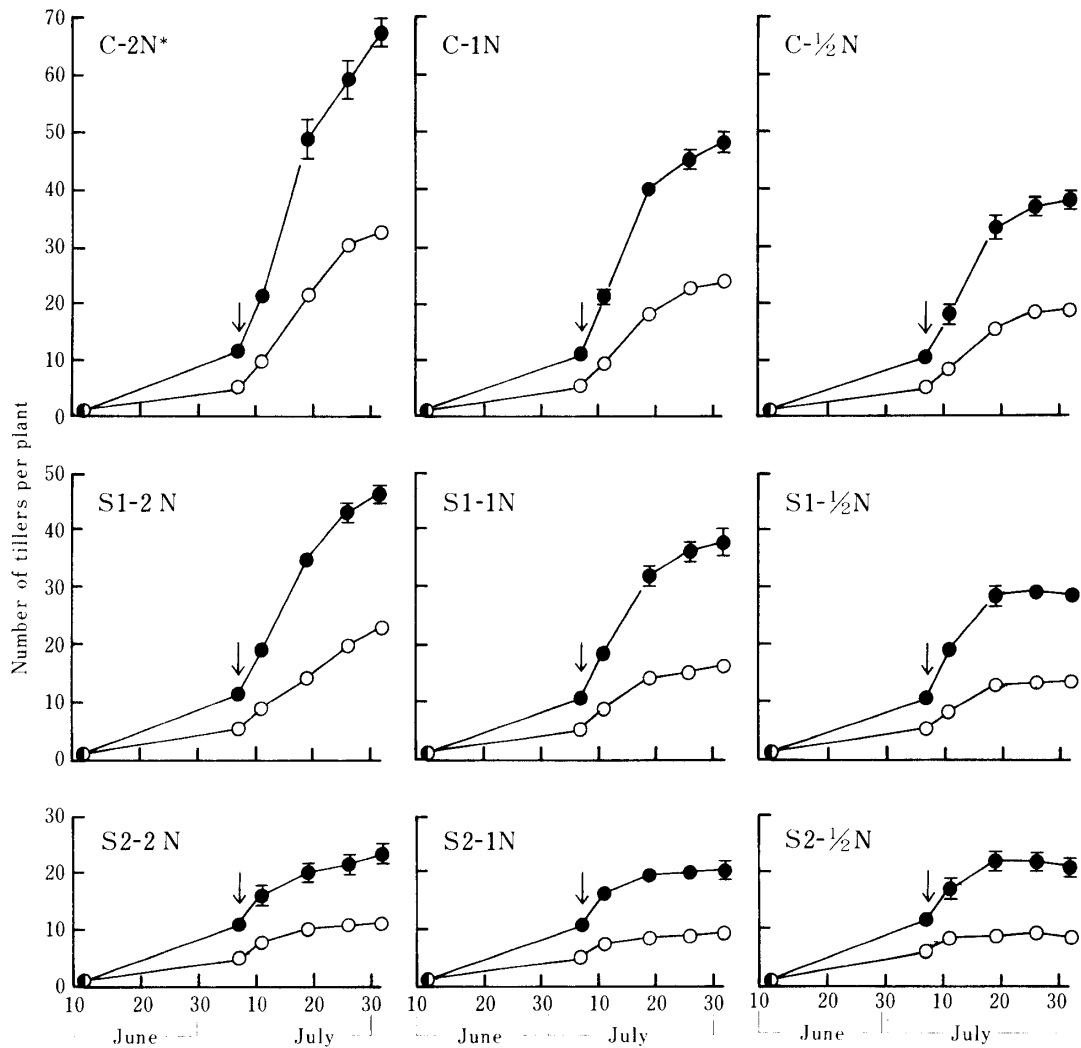


Fig. 1. Changes in number of tillers per plant after planting.
 ●IR36, ○Koganeishiki. Standard error is shown when it is larger than the symbol.
 Arrow shows starting date of treatment. *See Tables 1 and 2.

小さく、両品種とも S2 区の最高分けつ数には有意な差は認められなかった(第 1, 第 2 図)。また、いずれの処理区においても黄金錦にくらべて IR36 の分けつ数は多く推移し、処理終了時(最高分けつ期)における IR36 の分けつ数は黄金錦よりも 2~2.5 倍多くなった(第 2 図 A)。この各処理区における両品種の分けつ数の差は、上述した C-1N 区と同様に、1 次分けつ出現節数および 1 次分けつ出現節当りの平均分けつ数の両者によるものであったが、とくに後者の差が大きかった(第 2 表)

次に、二つの環境条件に対する分けつの生育反応の品種間差異をみるために、分けつの相対的な出現割合を求めた。すなわち、最高分けつ期の C-1N 区の分けつ数、IR36 は 48.0 本、黄金錦は 23.8 本をそれぞれ 100 とした場合の各処理区の分けつ出現割合

を求め、これを第 2 図 B に示した。C-1N 区に対する各処理区の分けつ出現割合は IR36 で黄金錦よりも優れており、環境要因の変動に対して安定した分けつ能力を示したが、とくに S2 区において品種による差が大きく認められる傾向にあった。

一般に多げつ性品種は少げつ性品種に比べて草丈が低く⁶⁾、また同一品種でも分けつの出現が抑えられると草丈や葉身の伸長が促進されることが知られている^{10,11,19)}。従って、上述のように両品種の日射量および窒素濃度の変動に伴う分けつ数の著しい変化は草丈の変化と密接に対応しているものと考えられる。両品種とも遮光程度が増大するにつれて草丈は高くなったが、同一日射条件下では窒素濃度の影響は比較的小さかった。そして、いずれの処理区においても IR36 にくらべて黄金錦の草丈が高く推移

Table 2. Plant age in leaf number, number of nodes emerged primary tillers (P.T.) and mean number of tillers per primary tiller at the maximum tiller number stage.

Variety	Treatment		Plant age in leaf No.	No. of nodes emerged P.T.	Mean No. of tillers per P.T.
	Shading*	N**			
IR36	C	2N	16.5±0.25	11.0±0.00	6.11±0.50
		1N	16.3±0.38	10.2±0.40	4.72±0.46
		1/2N	15.8±0.47	10.0±0.63	3.81±0.41
	S1	2N	16.1±0.21	10.0±0.00	4.62±0.31
		1N	15.9±0.19	9.8±0.40	3.84±0.40
		1/2N	15.9±0.23	9.2±0.40	3.08±0.10
	S2	2N	15.7±0.28	9.2±0.75	2.50±0.29
		1N	15.7±0.34	8.8±0.40	2.28±0.34
		1/2N	15.9±0.37	8.4±0.80	2.52±0.52
Koganenishiki	C	2N	14.6±0.15	9.6±0.49	3.41±0.34
		1N	14.5±0.17	9.0±0.00	2.64±0.25
		1/2N	14.4±0.20	9.0±0.00	2.04±0.23
	S1	2N	14.6±0.04	8.8±0.40	2.55±0.26
		1N	14.5±0.04	8.2±0.40	1.96±0.10
		1/2N	14.5±0.10	8.0±0.00	1.68±0.19
	S2	2N	14.3±0.15	7.6±0.49	1.41±0.21
		1N	14.5±0.17	7.6±0.49	1.17±0.14
		1/2N	14.4±0.18	7.2±0.75	1.13±0.12
LSD(0.05)			0.3	0.7	0.44

Values indicate mean±S.D.

*C, S1 and S2 show 0, 40 and 77% shadings, respectively.

**See Table 1.

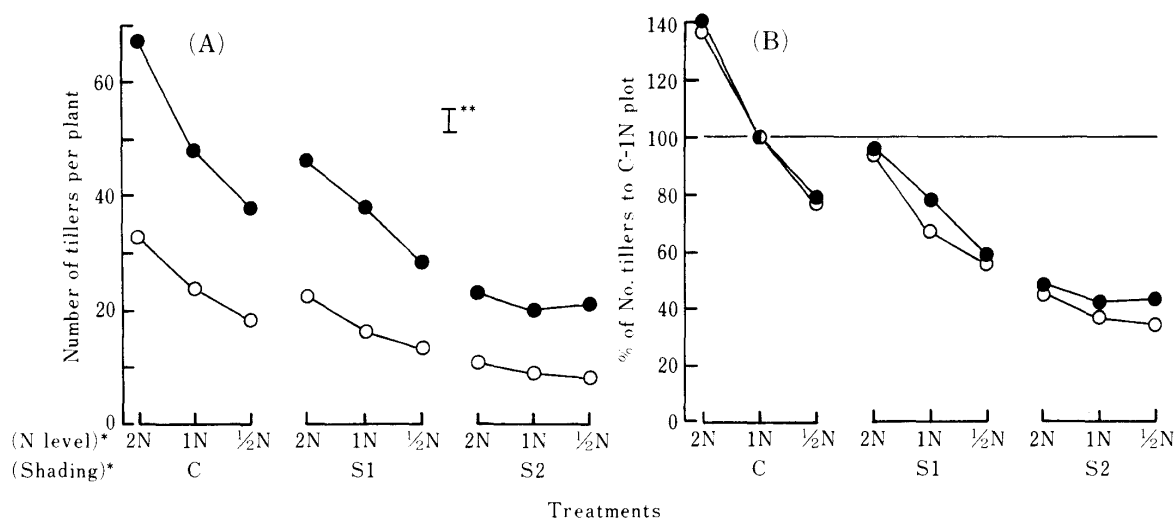


Fig. 2. Maximum tiller number (A) and its percentage to C-1N (Control) plot (B).

Symbols are the same as those in Fig. 1. *See Tables 1 and 2. **LSD (0.05).

し、処理終了時（最高分けつ期）の黄金錦の草丈は IR36 よりも 20~25 cm 高くなった（第3図）。この最高分けつ期の草丈と分けつ数との間には両品種の各処理区を込みにして $r = -0.8402$ *** と非常に高い有意な負の相関関係がみられ、佐本²⁴⁾ や本田⁶⁾

の報告の結果と一致した。この原因としては処理に伴う両品種の乾物生産量および地上部と根、さらに地上部については主茎と分けつへの乾物分配率の差異が考えられる。

そこで、まず、最高分けつ期（8月1日）における

地上部、根および全乾物重を第3表に示した。両品種とも遮光程度の増大および窒素濃度の低下によって地上部および全乾物重は減少する傾向がみられたが、窒素濃度の影響にくらべて遮光の影響が大きく、S2区的全乾物重には窒素濃度による有意な差異はほとんど認められなかった。また、根乾物重は遮光程度の増大に伴って顕著に減少した⁶⁾が、窒素濃度の影響は小さく、IR36のC区を除いて有意な差は

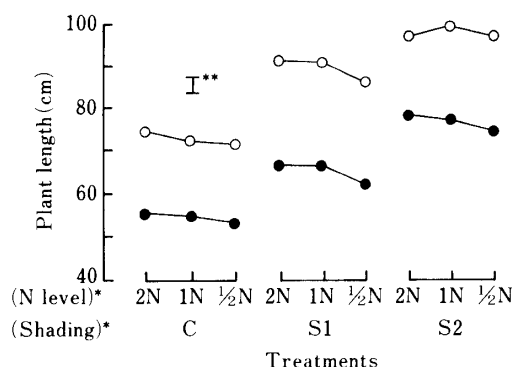


Fig. 3. Plant length at the maximum tiller number stage. Symbols are the same as those in Fig. 1. *See Tables 1 and 2.

**LSD (0.05).

認められなかった。同一処理区では品種による地上部、根および全乾物重の差は比較的小さく、地上部と全乾物重ではS2区の2Nと1/2N区、また根ではC区の1/2N区を除いて両品種間に有意な差は認められなかった。株当りの葉面積は分けつ数の差を反映して、IR36で黄金錦より多かったが、比葉面積(SLA, cm²/g)は黄金錦で低かった(第3表)ことから、黄金錦の葉身はIR36にくらべて厚く、C区や日射量が比較的豊富であったS1区では単位面積当りの光合成速度が優り、同一処理区の品種間の乾物生産量に有意な差がみられなかったものと推定された⁵⁾。S2区で両品種間の乾物生産量に差が大きく認められたのは、葉面積の差に加えてIR36の葉身のSLAが黄金錦にくらべて17~25%大きく、弱光下での受光態勢上有利になったためと考えられた。Hayashi⁹⁾は孤立栽培条件下において、葉が厚い(SLAが小さい)品種ほど強光下の純同化率(NAR)は高いが、光強度の増減によるNARの上昇あるいは低下も大であることを報告している。

次に第3表において、全乾物重に占める地上部と根の乾物重割合をみると、両品種とも遮光程度と窒素濃度の増大により地上部重の割合が増加し、根重

Table 3. Dry weight and its percentage in each organ, leaf area and specific leaf area (SLA) at the maximum tiller number stage.

Variety	Treatment*		Dry weight(g/plant)			Dry weight percentage(%)				Leaf area (cm ² /pl)	SLA (cm ² /g)
	Shading	N	Top	Root	Total	Top**	Root**	MS***	Tiller***		
IR36	C	2N	27.2	4.6	31.8	85.7	14.3	7.4	92.6	2422	216.7
		1N	21.8	4.2	26.0	83.7	16.3	6.8	93.2	2102	244.1
		1/2N	17.3	5.2	22.5	76.9	23.1	11.5	88.5	1364	214.1
	S1	2N	19.2	2.5	21.7	88.4	11.6	9.7	90.3	2740	278.4
		1N	16.7	2.6	19.3	86.7	13.3	9.8	90.2	2003	243.7
		1/2N	15.4	3.1	18.5	83.4	16.6	12.6	87.4	1543	237.7
	S2	2N	14.7	1.5	16.2	91.0	9.0	12.1	87.9	2077	250.0
		1N	11.4	1.1	12.5	90.9	9.1	13.4	86.6	1584	251.4
		1/2N	12.8	1.7	14.5	88.5	11.5	14.6	85.4	1620	248.5
Koganenishiki	C	2N	24.9	4.2	29.1	85.6	14.4	11.9	88.1	1956	189.0
		1N	19.8	4.6	24.4	81.0	19.0	14.6	85.4	1576	194.6
		1/2N	16.0	4.4	20.4	78.6	21.4	16.0	84.0	1110	186.9
	S1	2N	19.6	3.0	22.6	86.8	13.2	13.9	86.1	1922	202.9
		1N	16.6	2.8	19.4	85.4	14.6	14.9	85.1	1751	225.6
		1/2N	14.0	2.8	16.8	83.2	16.8	19.5	80.5	1313	217.0
	S2	2N	10.8	1.0	11.8	91.8	8.2	23.2	76.8	1155	206.6
		1N	10.7	1.0	11.7	91.5	8.5	24.4	75.6	1177	214.7
		1/2N	9.9	1.0	10.9	90.5	9.5	24.9	75.1	1019	199.5
LSD(0.05)			2.5	0.7	3.0	1.8	1.8	—	—	303	—

*See Table 1. and 2. **Percentage to the whole plant dry weight. ***Main stem (MS) and tiller dry weight percentage to top dry weight.

の割合が低下したが、同一処理区における品種による有意な差はなかった。一方、地上部乾物重について主茎と分けつの乾物重割合をみると、両品種とも遮光程度の増大、窒素濃度の低下に伴って主茎重の割合が増加し、分けつ重の割合が低下した。そして、この分けつ重割合には著しい品種間差がみられ、IR36の分けつ重割合は明らかに黄金錦よりも優れ、IR36のS2区と黄金錦のC区の値がほぼ等しく、S2区では両品種間に約2倍の差がみられた。

第4図A, Bには、それぞれ地上部乾物重および地上部乾物重に占める分けつ重の割合と分けつ数との関係を示した。両品種とも分けつ数は地上部乾物重の増加に伴って多くなったが、同一の乾物重水準における分けつ数はIR36>黄金錦であり、この差は乾物重が大きいほど拡大した。遮光^{1,4,6)}や剪葉⁴⁾処理によって個体当りの乾物生産量が低下すると、分けつ数の減少や分けつの発育低下が生じることが報告されており、本研究の結果と一致した。また、両品種とも地上部乾物重のうち分けつ重の割合が高いほど分けつ数は多くなったが、両品種の回帰式の係数はIR36が5.25に対して、黄金錦は1.48と約4倍の差がみられ、分けつへの乾物分配率の増大に伴

う分けつ数の増加程度には著しい品種間差異が存在した。本田⁹⁾は宮城県で窒素施用量を異にしてポット栽培(直播)した草型の異なる早生系3品種、中生系2品種について検討し、分けつ数の多い品種は少ない品種にくらべて単位乾物重当りの分けつ数が多く、また一定期間に産出される乾物のうち分けつへの乾物配分率が高いとした報告と本研究の結果は一致した。

上述のように、両品種とも分けつ数は地上部乾物重および地上部乾物重に占める分けつ重割合の両者と非常に高い有意な正の相関関係を示したが、地上部乾物重と地上部乾物重に占める分けつ重割合との間にも非常に高い有意な正の相関関係(IR36:r=0.899***, 黄金錦:r=0.949***)がみられたことから、第4表には分けつ数とそれぞれとの間の偏相関係数を求めて示した。その結果、両品種とも分けつ数は地上部乾物重との間には非常に高い有意な正の相関関係を示したが、分けつ重割合との間には有意な相関関係はみられなかった。このことは、本研究で検討した日射量や培地窒素濃度の変動に伴う分けつ反応は、主に乾物生産量の多少によって支配されたことを示唆する。

これらのことより、IR36が黄金錦にくらべて分けつ性に優れていた点を乾物生産面よりみると、乾物生産量の多少および地上部と根への乾物分配率の差異よりも、地上部の主茎と分けつへの乾物分配率の差異によってもたらされていることが示唆された。主茎と分けつへの乾物分配は、頂芽優勢現象として知られており、これにはオーキシシンやサイトカイニン等、植物ホルモンが密接に関係しているものと考えられる^{15,31)}。従って、今後は分けつ性の異なる品種間の植物ホルモンの定量的研究も必要であろう。とくにサイトカイニンについては、水稻の根で生成され^{23,35)}、地上部へ移行すること³⁵⁾が明らかにされて

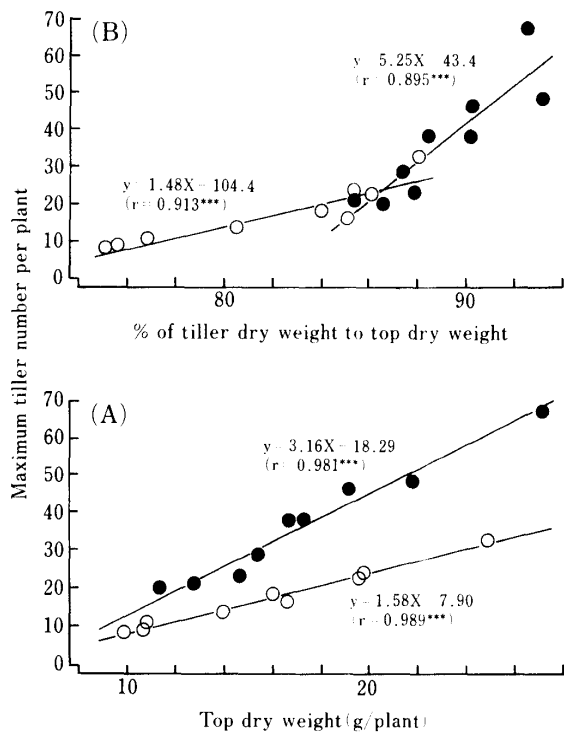


Fig. 4. Relationship between top dry weight (TDW) (A) or percentage of tiller dry weight to TDW (B) and the maximum tiller number. Symbols are the same as those in Fig. 1. ***: Significant at 0.1% level.

Table 4. Simple (rs) and partial (rp) correlation coefficients between top dry weight (TDW) or percentage of tiller dry weight to TDW and the maximum tiller number.

Variety	Top dry weight		Percentage of tiller dry weight	
	rs	rp	rs	rp
IR36	0.981***	0.905**	0.895***	0.150
Koganenishiki	0.989***	0.952***	0.949***	-0.538

,*: Significant at 1% and 0.1% levels, respectively.

いること、および水稻苗に冠根発生数に著しい品種間差異のあること³²⁾が報告されていることから、サイトカニン生産量と分けつ性との関係に興味もたれる。また、金・花田³⁾は、根から与えたカイネチンの分けつ数増加への影響は日射量によって異なり、自然光下では抑制されるが遮光(60~65%)条件下では促進されたと報告している。

一方、両品種とも遮光程度の増大および窒素濃度の低下に伴って乾物生産が低下するとともに、分けつへの乾物分配率が低下し分けつ数が減少したが、直接的には乾物生産量の低下が密接に関係していることが明らかとなった。従って、乾物生産上不利な条件下においても光合成速度の低下が小さく、乾物生産を高く維持できるような態勢を持った品種³⁾の育成が必要であろう。この一つの例として、本研究に用いたIR36のSLAが黄金錦にくらべて著しく高く、弱光下での乾物生産が優る傾向がみられたことがあげられる。弱光下での乾物生産量が優ることは、西南暖地の普通期栽培水稻のように、一般に分けつ期間が梅雨期の低日射量下で経過する場合には、分けつ数確保の上で重要な形質となるものと考えられる。

引用文献

1. 深城貞義 1957. 稲の分蘖に関する研究. VIII. 日射度が稲の分けつに及ぼす影響について. 香川大農学報 8: 240—242.
2. 後藤雄佐・星川清親 1988. 水稻の分けつ性に関する研究. 第1報 主茎と分けつの生長の相互関係. 日作紀 57: 496—504.
3. ———— 1988. ————. 第2報 相対葉齡差と茎数の増加. 日作紀 57: 685—691.
4. 花田毅一 1977. 水稻における分けつ芽の分化ならびに発育に関する研究. 東教大農紀要 23: 43—137.
5. Hayashi K. 1968. Response of net assimilation rate to differing intensity of sunlight in rice varieties. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 37: 528—533.
6. 本田 強 1977. 水稻の分けつに関する研究. とくに物質生産と生長および配分の関係. 東北大農研報 28: 171—312.
7. 石塚喜明・田中 明 1969. 増訂改版 水稻の栄養生理. 養賢堂, 東京. 1—364.
8. 金 留福・花田毅一 1993. 水稻の分けつの発育に及ぼすカイネチンの影響. 日作紀 62: 228—235.
9. 柿崎洋生 1965. 水稻の分けつに関する研究. 第1報 地上部環境と分けつ芽の消長. 東北大農研報 16: 87—104.
10. 神田巳季男・柿崎洋生 1952. 水稻の草型に関する研究. 第1報 分蘖制限が水稻の諸形質に及ぼす影響. 東北大農研報 4: 61—74.
11. ———— 1953. ————. 第2報 分蘖剪除が水稻の諸形質に及ぼす影響. 東北大農研報 5: 19—36.
12. 片山 佃 1951. 稲・麦の分蘖研究. 養賢堂, 東京. 1—117.
13. 木内知美・石坂英男 1960. 水稻の収量形成過程に及ぼす栄養条件の影響(窒素). 土肥誌 31: 285—291.
14. 玖村敦彦 1956. 水稻に於ける葉身の窒素濃度が収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 24: 177—180.
15. 増田芳雄・勝見允行・今関英雄 1971. 植物ホルモン. 朝倉書店, 東京. 1—368.
16. 松葉捷也 1983. 稲の分けつ体系の新しい見方. 5. 出葉経過と同伸葉について. 日作紀 52(別1): 89—90.
17. ———— 1988. イネの茎葉生育の規則性に関する研究. 第2報 分けつ出現停止の規則性と最大分けつ数. 日作紀 57: 599—607.
18. 松島省三 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A5: 1—271.
19. 三本弘乗・山崎季好・小田桐竹吉 1971. 生育調整のための水稻の分けつ切除が水稻の諸形質におよぼす影響. 日作東北支部報 13: 26—27.
20. 永井 衛 1968. 水稻における出葉および分けつの出現様相に関する研究. 静岡大農学報 18: 1—74.
21. 尾田義治 1960. 分けつ体系をめぐる諸問題 [1] —特に分けつにおける葉の分化と伸長の関連性について—. 農及園 35: 1419—1424.
22. 大島正男 1962. 分けつにおよぼす窒素栄養の影響. 水稻の窒素栄養に関する研究(第4報). 土肥誌 33: 243—246.
23. 折谷隆志・葭田隆治 1969. 作物の窒素代謝に関する研究. 第4報 水稻葉片の葉緑素レベルに及ぼす化学物質並びに水稻根より抽出されたサイトカニン様物質の影響について. 日作紀 38: 459—465.
24. 佐本啓智 1966. 水稻早期, 早植栽培の生態に関する研究. とくに東海近畿地域における早期, 早植栽培の多収機構と栽培時期の移動について. 東海近畿農試報 15: 1—42.
25. 関谷福司 1952. 水稻幼作物の分蘖原基及び分蘖芽に関する研究. 第2報 光が分蘖原基及び分蘖芽の発育に及ぼす影響(予報). 日作紀 20: 247—249.
26. ———— 1958. ————. 第7報 分蘖原基及び分蘖芽の発育過程. 日作紀 27: 75—76.
27. 清水 強・関口貞介・盛田英夫・須崎睦夫 1962. 主要作物の収量予測に関する研究. VIII. 水稻分けつ発生に対する日射の影響. 日作紀 31: 141—144.
28. 高橋成人・岡島秀夫・高橋成一・本田 強 1956. 水稻分蘖の発生機構. I 要素欠乏下に栽培した水稻の分蘖発生について. 東北大農研報 8: 91—117.
29. Tanaka, A., C. V. Garcia and Nguyen-Thidiem 1965. Studies on the relationship between tillering and nitrogen uptake of the rice plant. 1. Observations on the leafing and tillering patterns of some rice varieties grown under different nitrogen levels. Soil Sci. Plant Nutri. 11: 9—13.
30. 和田源七・庄司駒雄・石川雄紀・輪田 潔 1971. 生

- 育各期の遮光処理が乾物の配分におよぼす影響. 日作東北支部報 13:79-80.
31. Wareing, P. F. and I. D. J. Phillips 1981. Growth and Differentiation in Plants. Third edition. Pergamon Press, Oxford. 125-126.
32. 山本由徳・小池信吾 1991. 水稻苗の発根力の品種間差異. 日作紀 60(別2):1-2.
33. 山崎耕宇 1960. 生育条件を異にした場合の作物の形態発生に関する基礎的研究. II. 水稻・小麦における分げつ芽の発生について. 日作紀 28:262-265.
34. 八柳三郎・昆野昭晨・工藤 一 1951. 水稻の分けつに関する研究. 第1報 水稻の分けつ増加の体型. 日作紀 20:9-14.
35. Yoshida R. and T. Oritani 1974. Nitrogen metabolism in crop plants. X III. Effects of nitrogen top dressing on cytokinin content in the root exudate of rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 43:47-51.
-