

水田周縁部における水稻について

第1報 生育と収量

井口 厚信, 木暮 秩, 中西 康彰

STUDIES ON THE BORDER EFFECT IN THE RICE PADDY FIELD

I. Growth and Yield

Atunobu INOKUTI, Kiyoshi KOGURE and Yasuaki NAKANISHI

Rice plant grown on the border of paddy fields show vigorous in growth and increase in yield as compared with those of inner row. This phenomenon has been referred to as "border effect". The present experiment was carried out to obtain some informations about the peculiarity of growth process and yield component of rice plant grown in the border row next to unplanted alley at the University farm paddy field in 1979. The experiment was conducted with row planting pattern of 30 cm and hill space of 18 cm, using the cultivar "Setohomare" as material. The border row faced to north, and one seedling with leaf number of 6.2 was transplanted per hill at June 15th.

Results are summarized as follows:

1. The border plant showed shorter plant- and culm- heights, more tillers and fertile ear numbers than those of the inner row. The development of leaves, the leaf area and leaf dry weight of border plant, was inferior to the inner row, especially after the ear formation stage. The dry weight of plant, leaf sheath, culm, and root, however, became considerably high in border plant as the growth advanced, especially after the heading-flowering stage.
2. Out of the yield component factors, the number of ears per hill and the percentage of ripened grain were remarkably high in border plant and thus the hulled rice yield was the uppermost with plant in the border row and became lower according to the order within three rows towards center of field.

Judging from the results, it may be pointed out that the high-yielding ability of plant in the border row seems to be under a debt to the peculiarity which was built up throughout the vegetative- to reproductive- stage.

水稻品種セトホマレを供試し、水田周縁部における水稻の生育の推移と収量成立の過程を追究するため実験を行った。その結果、周縁部水稻の特異性としておおむね次のようなことが明らかになった。

すなわち、草丈と稈長は低く、分けつ数もおくれ穂も多いが穂数はかなり大であった。また葉面積と葉身乾物量は幼穂形成期以降は周縁部が内側に劣る傾向がみられた。

しかし、全乾物重、葉鞘・稈乾物重及び根乾物重等はいずれも周縁部が優っており、特に出穂開花期における葉鞘・稈乾物重が大であった。さらに C/F 比は周縁部が比較的早い時期から大きい値で推移した。

一方、収量構成要素では1穂数と玄米千粒重は内側との差が少ないか近似したが、1株穂数が特に多いのと登熟歩合が優ることから、1株玄米重は大であった。

以上の諸点から、周縁部の水稻はその生育環境の有利性から、栄養生長期には草丈の伸長よりも分けつ増加と充実が行なわれて有効茎が確保され、生殖生長期に転じてからは、葉面積は小さいが、受光環境の良さと出穂前蓄積成分の大きいことが登熟歩合を高め、収量を大ならしめるものと推察された。

緒 言

従来、田畑の周縁部における作物は、生育する環境条件が内側のものと異なるため、その生育の様相とともに収量においても相当の差異のあることが知られている^(1,2,3,4,5,6,7,8,9)。

すなわち、中山⁽⁷⁾によれば、周縁影響についてはほとんどの実験がその存在を認めており、このため一般的に言って1~2畦の除外畦を試験区の外側に設けて置くのが必要であろうと指摘している。一方、松島⁽⁵⁾は、水稻の出穂期における収量予想の場合の調査株選定に当たっては、水田の一番外側の列は必ず調査株とするほうが正しいことが多いと述べているが、これは周縁部と内側間において、かなりの収量差が生じることによるものと解される。

他方、周縁部の生育収量と内側のそれとの差異について、生理生態的に究明されたものは、川田ら⁽³⁾の水田最周辺ならびにそれ以外の部分に生育した水稻の茎葉部における後生導管節組織の変化、石原ら⁽²⁾の異なる環境条件下に生育した水稻葉身における気孔開度の日変化及び佐藤ら⁽⁶⁾の周縁効果の解析における地下部栄養条件の役割などのほかはあまりみられない。

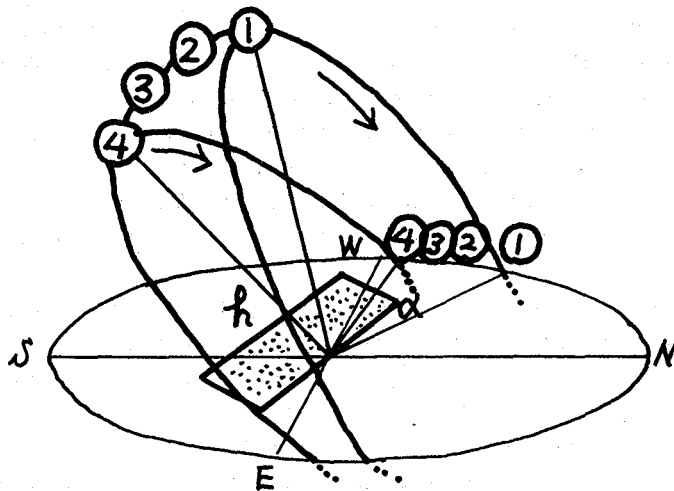
著者らは、上述のような周縁部水稻の特異性を、内側の水稻にも発現させるような技術の開発の可能性について検討するため、1979年に実験を行ない、環境要因の解明をもあわせ、生育の推移と収量成立の過程を生理生態的に追究し、若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

実験材料に水稻品種 セトホマレ (香川県奨励品種) を用い、香川県長尾町所在の香川大学農学部附属農場 (東経 134°10'06", 北緯 34°16'40") の水田 (壤土) において実験を行なった。

供試田は長辺 33m, 短辺 4m, 面積 1.32a の小区面の棚田で、北側には幅約 50cm の畦畔を境として約 1.5m の段差で隣接田があり、その畦畔は通常の土畦畔である。このため田植 2 日前にいわゆる“あぜつけ”を行ない、植付け当日に“代かき”をしたが、畦畔の高さは土壌面から約 18cm, 湛水面から約 10cm であった。

なお、測定箇所の周縁部 (北側東西方向の畦畔周縁部) は北北東に面しており、方位角は南より +106° (全周方位角では 286°) であった (Fig. 1. 参照)。



Date & Various growth stage	Solar altitude at culmination	Azimuth at sunrise & sunset
① $\frac{20}{VII}$ Maximum tiller number stage	76.6° (h)	+115.5° (α)
② $\frac{8}{VIII}$ Ear formation stage	72.1	110.0
③ $\frac{29}{VIII}$ Heading flowering stage	65.4	101.8
④ $\frac{20}{IX}$ Middle ripening stage	57.5	92.0

Fig. 1. Diurnal movement of sun at various growth stage.

供試水稻の育苗及び植付け方法は、5月10日折衷苗代に 55 ml/m² の播種量で播き付け、育成した苗齢6.2の無分げつ苗を用い、栽植密度を 30 cm×18 cm の 18.5株/m² として1株1本植で6月15日手植えた。なお、測定箇所の周縁部株（最外側列）と畦畔との間隔は 15 cm とした。

施肥量は N 900g/a, P 800g/a, K 900g/a で化成肥料と過石を使用した。基肥として過石と、化成の8割を代か

Table 1. Changes of the pentad mean meteorological elements during experimental period.

Month	Pentad	Air temperature (°C)			Humidity (%)		*Precipitation (mm)	Wind speed (m/s) (mean)	Wind direction (max.)	Photosynthetically active radiation (cal/cm ² /day)
		mean t.	max. t.	min. t.	mean h.	min. h.				
Jun.	1	21.0	27.5	14.8	69.8	43.1	0.0	1.0	ENE	250.6
	2	22.0	26.1	18.4	82.2	63.3	8.0	0.9	ENE	154.9
	3	22.3	26.8	19.1	82.2	61.0	8.0	0.5	E	130.0
	4	24.8	30.0	19.3	79.4	57.6	5.0	0.7	E	186.8
	5	26.0	31.3	21.7	80.8	62.8	8.0	0.8	E	191.1
	6	23.7	25.9	22.0	90.5	83.8	204.0	0.7	E	67.9
	mean	23.3	27.9	19.2	80.8	61.9	233.0	0.8	E	163.6
Jul.	1	24.0	27.6	21.0	81.3	63.2	19.0	1.2	W	169.2
	2	24.3	28.6	19.9	81.6	62.8	5.0	0.6	E	174.7
	3	25.5	29.5	22.2	79.2	66.1	20.0	1.2	W	179.1
	4	24.3	28.0	21.7	83.1	66.0	38.0	0.9	ENE	162.0
	5	27.2	32.2	24.0	86.1	65.2	1.0	0.4	W	186.2
	6	28.8	34.2	24.2	75.8	55.3	0.0	0.9	E	207.7
	mean	25.7	30.1	22.2	81.3	62.9	83.0	0.8	E	180.7
Aug.	1	28.9	34.2	24.8	76.9	53.3	1.0	0.7	ESE	225.1
	2	27.3	32.9	23.6	81.2	57.3	16.0	0.4	WSW	203.0
	3	28.4	33.9	23.8	77.5	54.0	0.0	0.4	W	207.2
	4	28.6	34.0	24.6	77.1	56.4	0.0	0.7	WSW	200.6
	5	28.2	33.1	24.6	83.5	63.3	1.0	0.4	WSW	158.7
	6	25.6	29.7	22.6	78.7	58.0	27.0	0.7	W	128.9
	mean	27.7	32.9	23.9	79.1	57.1	45.0	0.5	W	185.3
Sep.	1	25.1	28.8	22.5	83.4	65.4	18.5	1.3	W	127.3
	2	23.6	28.6	19.6	77.5	49.8	5.0	0.6	WSW	148.1
	3	23.7	28.8	19.2	79.1	53.9	6.0	0.7	W	147.2
	4	23.7	29.1	18.5	74.4	48.1	0.0	0.8	W	173.8
	5	24.2	29.2	20.4	85.6	69.6	19.0	0.9	W	134.3
	6	21.9	23.9	20.0	91.7	79.7	189.0	1.1	W	36.9
	mean	23.7	28.1	20.1	82.0	61.1	237.5	0.9	W	128.0
Oct.	1	21.7	25.8	18.3	77.1	58.5	0.0	0.8	ESE	132.7
	2	17.6	22.4	12.9	76.0	53.5	1.0	0.8	E	125.8
	3	19.1	25.9	13.8	75.2	43.3	0.0	0.7	W	163.1
	4	19.6	23.6	15.7	80.9	57.9	162.0	1.8	W	97.6
	5	15.7	21.9	10.6	76.0	49.1	0.0	0.7	ESE	143.5
	6	17.5	23.1	12.3	81.0	54.3	0.0	0.7	E	102.9
	mean	18.5	23.8	13.9	79.8	52.8	163.0	0.9	ESE	125.4

* Amount per pentad and months

き前に施し、残り2割の化成を追肥として穂孕期に施用した。その他雑草防除は手取り除草、病虫害防除は農場の一般水田の防除と同時にこなった。

水稻の生育及び収量調査は、周縁部より内側へ順次第1列、第2列、第3列及び第4列の各条列(畦)からそれぞれ生育調査は10株、抜取り調査は4株あて調査株を選定して行なった。すなわち、分けつ中期、最高分けつ期、幼穂形成期、出穂開花期、登熟中期及び登熟末期(収穫10月15日)の各期に調査を実施した。また葉面積は青写真法で、乾物重は90°C 30分以後70°C 24時間熱風通風乾燥によって求めた。

供試田の気象環境について述べると、まず生育期別の太陽の運行状況は Fig. 1. のとおりであり、一方、全生育期間における気象要素別の数値は附属農場の自動観測装置の記録を整理して Table 1. に示した。

結果及び考察

植付け(6月15日)から収穫(10月15日)までの水稻の生育状況は順調であった。すなわち、Table 1. の気象要素の推移からみても分かるように、梅雨明けが若干遅れて7月下旬になったため、植付け後の生育は徒長気味で分けつがやや少なかったが、梅雨明け後は晴天が続き8月下旬までは日射量⁽⁴⁾が多く、気温も高かったため、出穂開花期には内側では過繁茂の様相がみられるほどであった。さらに9月に入って初旬に20mm余りの降雨があったが大した影響もなく、下旬の台風19号の接近に伴う約200mmの大雨でも風が弱かったため倒伏には至らず、僅かに一部に傾いた箇所が認められた程度であった。

生育状況についてまず草丈・稈長の推移を示すと Fig. 2. のとおりである。これで見られるように7月25日(最高分けつ期)では、第1列株(以下株を略す)の草丈は他の内側の列株(以下株を略す)のそれに僅かに劣る程度であったのが、以後その差が大となり、草丈では第1列が他の列に相当劣るとともに、稈長も第1列が最も低かった。なお、他の第2、3及び第4列においては、各列間の草丈、稈長の差は極めて小さいが、4列>3列>2列の順に僅かながら内側ほど高い傾向がみられた。

次に分けつ数の推移を Fig. 3. に示した。すなわち、7月8日頃から各列間に差が現れ始め、7月25日には各列と

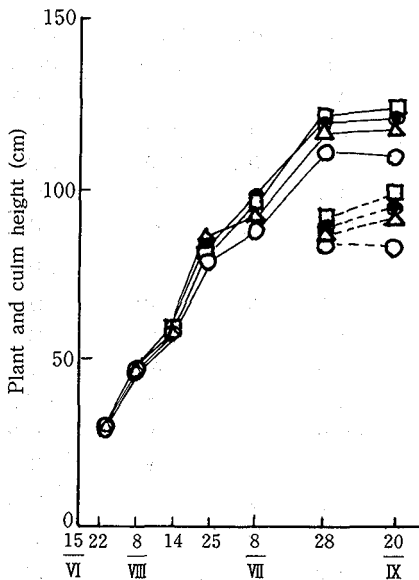


Fig. 2. Changes in plant height (—) and culm height (---).

Symbols {
 ○: Border first row
 △: Inner second row
 ●: Inner third row
 □: Inner fourth row

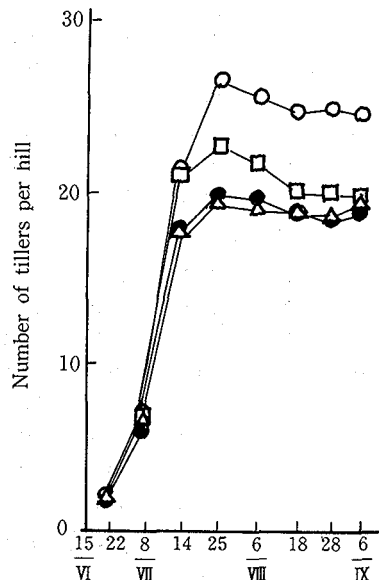


Fig. 3. Changes in number of tillers. Symbols are the same as those in Fig. 2.

も最高分けつ数を示した。なかでも第1列の分けつ数が最も優り、その後若干の減少がみられたが第2, 3列との差は大きかった。第4列は7月25日には第1列について大であったが、弱小分けつが多かったのか、その後の分けつの減少が目立ち、9月6日の調査では第2, 3列と殆んど差がなくなった。成熟末期における穂数は第1列が、おくれ穂数も多かったが、他の各列に大きく優っていた (Fig. 6 参照)。

葉面積の調査結果を Fig. 4. に示したが、8月8日 (幼穂形成期) には第4列が、8月29日 (出穂開花期) には第1, 2及び3列がそれぞれの最大値を示した。7月25日 (最高分けつ期) には第1列及び第2列が、第3, 第4の両列に比べ相当に優っていたにもかかわらず、8月8日にはこれが逆になり、8月29日には第1列が第2列にも劣ることになった。このような推移からして、周縁部の葉面積は幼穂形成期以降においては内側列のそれに劣ってくるのかと推察され、後述の C/F 比との関連からも興味あることと思われる。

次いで全乾物重, 器官別乾物重の推移を Fig. 5. に示した。このうち葉身乾物重が上述の葉面積の場合と類似の推移を示すほか、全乾物重, 葉鞘・稈, 穂及び根の各乾物重では、第1列が他の列にそれぞれで優る場合が多く、特に8月29日 (出穂開花期) の葉鞘・稈の乾物重^(4,8)で大きく優ったことは注目すべき点かと思われる。

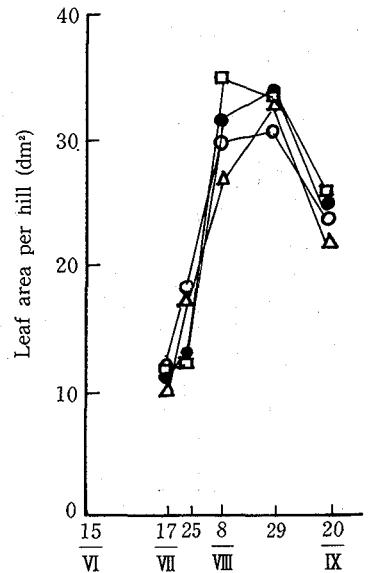


Fig. 4. Changes in leaf area. Symbols are the same as those in Fig. 2.

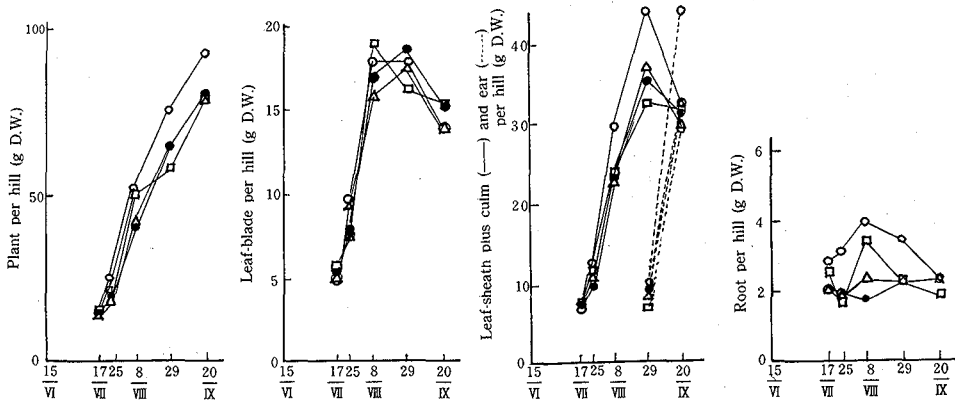


Fig. 5. Changes in dry weight. Symbols are the same as those in Fig. 2.

一方、収量構成要素について株当たり穂数, 1穂粒数, 登熟歩合及び玄米千粒重を Fig. 6. に示した。これで見られるように穂数は第1列が最も多く、1穂粒数では第1列が第2列に僅かに劣るが、第3及び4列には優っていた。登熟歩合は列間の差は顕著で第1列が最も高く内側列ほど低下し、玄米千粒重では各列が近似しながらも逆に内側列ほど優る傾向がみられた。しかし株当たり玄米重は列間に大きな差異がみられ、Fig. 7. のとおり第1列が最も大で、第2列との差が、第2列と第3列間との差とほぼ等しかったが、第3列と第4列間との差は縮小して前二者の場合の約1/2であった。

最後に C/F 比の推移を Fig. 8. に示した。これによれば各列とも7月18日 (分けつ中期) が最も小さく、8月8日 (幼穂形成期) 以後に急速に大となった。しかし第2, 3及び4列に比べ第1列が早くから比較的大きな値で推移した。

以上の結果から、周縁部水稻の生育の推移と収量成立の過程における特異性が相当明らかになった。すなわち、草丈・稈長が低く^(2,9) 茎数・穂数 (おくれ穂も) の多い⁽⁸⁾ のは知られているが、葉面積及び葉身乾物重が幼穂形成期以降において内側の水稻に劣るが、全乾物重特に出穂開花期頃における葉鞘・稈の乾物重^(4,8) や根の乾物重が、内側

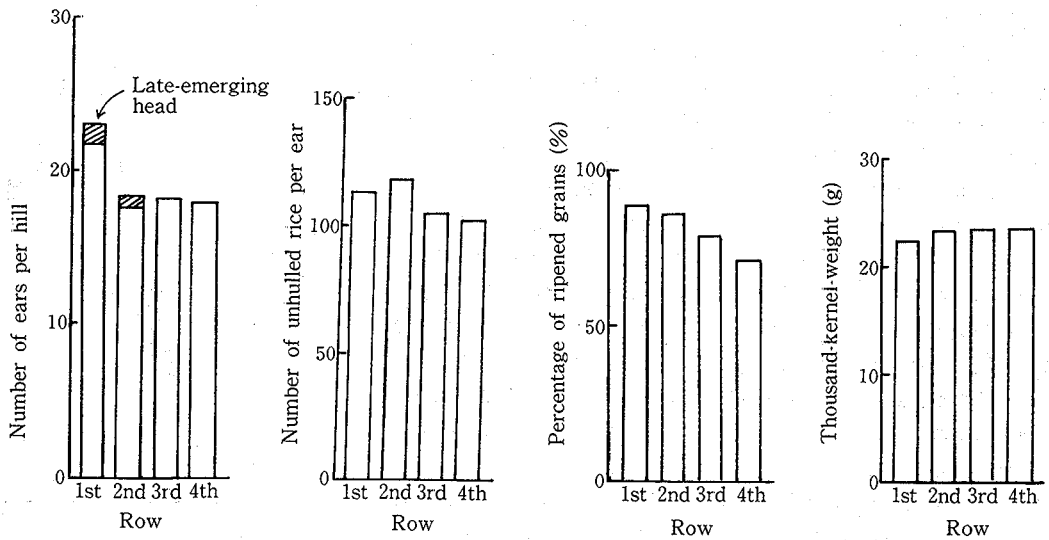


Fig. 6. Yield component factors of each row.

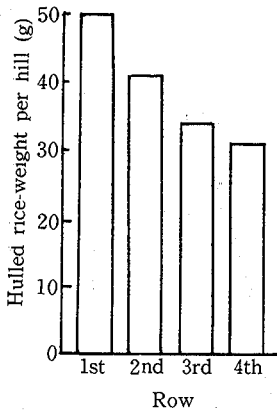


Fig. 7. Hulled rice-weight.

に相当優ることは、登熟歩合の向上⁽⁵⁾と収量増にとって大きく貢献したものと考えられる。

このことは C/F 比の推移からみても推察されるところで、葉身部の小さい割合に光合成の効率がよく、かつ出穂直後の葉鞘・稈の貯蔵成分の多いことが周縁部水稻の特徴であり、内側の水稻に比し高い収量をあげるものと解されるが、これらについては次報に報告する。

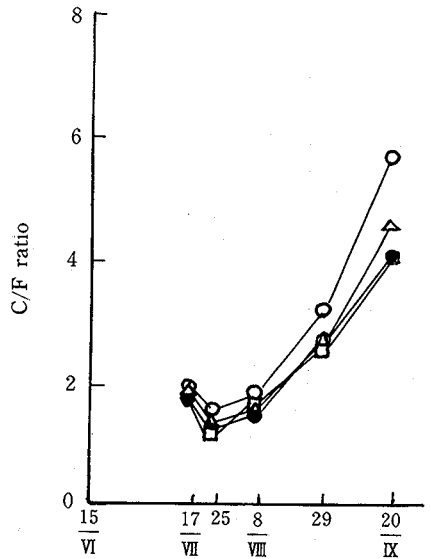


Fig. 8. Changes in C/F ratio. Symbols are the same as those in Fig. 2.

引用文献

- (1) AUSTIN, R. B. and R. D. BLACKWELL: Edge and neighbour effects in cereal yield trials, *J. agric. Sci.* **94**, 731-734 (1980).
- (2) 石原 邦, 佐合隆一, 小倉忠治: 水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係 第6報 水田の最周辺と内部に生育した水稻の気孔開度の日変化の比較, *日作紀* **47** (4), 515-528 (1978).
- (3) 川田信一郎, 鎌田悦男, 山崎耕宇: 水田の最周辺ならびにそれ以外の部分に生育した水稻の茎葉部における後生導管節について—千葉市大草町において採集した水稻を中心に—, *日作紀* **31** (2), 195-200 (1962).

- (4) 松尾孝嶺: 稲の形態と機能, 39-178, 東京, 農業技術協会 (1960).
- (5) 松島省三: 稲作の理論と技術, 250-265, 東京, 養賢堂 (1965).
- (6) van der MEULEN, J. G. J.: Over den Invloed van Randplanten op de Opbrengst van Sawahpadi in Kleine Proefvakken. Landbouw. VII, 1931/32. pp. 85-106. (農及園 7 (3), 510-511 (1932) より引用).
- (7) 中山林三郎: 圃場試験の周縁影響及び畦間競合, 農及園 28 (4), 479-482 (1953).
- (8) 佐藤 庚, 高橋 清: 水田における周縁効果の一解析, 日作紀 52 (2), 168-176 (1983).
- (9) 安田貞雄: 栽培学汎論, 205-207, 東京, 養賢堂 (1940).

(1984年5月31日 受理)