

水田周縁部における水稻について
第3報 根圏域を制限した場合の生育と収量

井口厚信, 木暮 秩

STUDIES ON THE BORDER EFFECT IN THE RICE PADDY FIELD

III Growth and Yield of Plant on the Restricted Rhizosphere

Atunobu INOKUHI and Kiyoshi KOGURE

The present experiment was carried out to obtain some informations about the peculiarity of border effect, especially mutual effect of top and root. The experiment was conducted with plant grown in pot burying row pattern of 30 cm and hill space of 18 cm, using the cultivar "Setohomare" as material. The pots included differences in depth of standard, severely restricted rhizosphere (S), and deep, mildly restricted one (D).

Results are summarized as follows :

1. The development of plant height, tiller number, root length, leaf area, and the dry weight of whole plant and each organ was markedly recognized during the late growing period. And these items became high in plant grown under mildly restricted rhizosphere (D) and/or border row, as the growth advanced, especially after the ear formation stage.
2. Out of the yield component factors, the number of ears per hill and the percentage of ripened grain were high in border plant and the number of unhulled rice per ear was high in plant of mildly restricted rhizosphere (D). The hulled rice yield was significantly high in plant grown under border row and mildly restricted rhizosphere (D).

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 is supported by well developed top and root even though the growth is late by restricting root-sphere, and that the top environmental factors are more important for border effect than those of root within the extent of root-sphere in this experiment.

水田の周縁効果の発現に関して地上部と地下部環境の影響を知るため、 $\frac{a}{5000}$ ワグネルポット2種（標準型、深型）を水田周縁部と内側列に埋設し、これに水稻品種セトホマレを植付けて実験を行ない次のような結果を得た。

根圏域を制限した水稻の場合も周縁部では草丈が低く、生育の初期には分けつ数、根長、葉面積、全乾物重及び器官別乾物重は内側列のそれらに比し劣るか近似した。しかし幼穂形成期以後は草丈のほかはそれぞれが周縁部>内側列となり、根圏域が制限されていない既報の実験結果と殆んど類似の推移を示した。

収量構成要素においては周縁部は1穂粒数、玄米千粒重は若干劣るが穂数が多く、登熟歩合が高く、また根圏域の深い場合に1穂粒数が多かった。1株当たり玄米重（収量）は根圏域が深い場合及び周縁部に多く、内側ほど少なかった。

以上の諸点から根圏域の制限が面積では同じく容積が異なる場合には、容積の大きい方が周縁部も内側列ともに生育及び収量が優ること、さらに周縁部における水稻は生育後期においても地上部環境の有利性から、乾物生産が多く、これに比例して根量が増加し、活動も盛んとなる根圏域の大きさの下では、登熟歩合を高め

収量を大にするものと解された。

したがって本実験の根圏域の制限範囲では周縁効果の発現に、地上部環境が地下部のそれよりも大きな影響を及ぼすものと推察された。

緒 言

著者ら^(3,6)はさきに水田周縁部水稻の生態的特性について、その生育の推移と収量からみて内側列の水稻に比し生育環境の有利性のため、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くても受光環境の良さと、出穂前蓄積成分⁽⁸⁾が大きく、その移行効率の良いことが登熟歩合を高め、玄米収量が増加することを報告した。

このような周縁部と内側の水稻間の様相の差異^(1,4,5,9,11,12)については、両者の地上部及び地下部環境の差に起因するものであるが、佐藤ら⁽³⁾は地上部環境とともに地下部の栄養条件が周縁効果の発現に少なからぬ役割を果していると述べている。

本研究は、周縁部における水稻の根圏域(地下部占有容積)を制限することによって、地下部の環境条件を内側のそれとできるだけ均一化し、周縁効果の発現に対する地上部と地下部環境の影響⁽⁷⁾について、その環境に反応した水稻の生育の様相と収量から解明を試みたものである。若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

本研究の実験は香川県長尾町所在の香川大学農学部附属農場において、既報^(3,6)の実験と同じ材料の水稻品種セトホマレを用い、同じ水田で実施した。

実験方法はFig.1に示すように $\frac{a}{5000}$ ワグネルポット(樹脂製、木屋製作所)の標準型(S)と深型(D)を用い、畦畔に沿ってポットの中心の間隔が18cmになるように4個並べ、これを第1列とし、次にその内側にポットの中心が30cmの位置に第2列目の、これと同様に第3列目及び第4列目のポットを各4個あて埋めて計16個を1ブロックとし、標準型区と深型区(以下S区、D区という)をそれぞれ5ブロック設定した。これと別にS区10個、D区10個のポットを埋めて生育調査と収量調査用にあてた。

ポットの用土は、供試田のポット埋設予定位置からあらかじめ耕土と心土を分けて採土して置いたものを、心土をS型では約5cm、D型では約15cmの厚さに入れ、耕土は両型とも約12cmの厚さに充たした。さらにかん水代かき後沈下したので耕土を追加し、ポット内の土壌面と外の田面の高さが同じになるように調整した。そして折衷苗代で育苗した苗齢6.2のセトホマレの苗を、1ポット1本植えて6月15日に手植えた。

肥料は化成肥料(15・12・15)を基肥に1g、分けつ期に1g、幼穂形成期に1gをそれぞれ施す予定であ

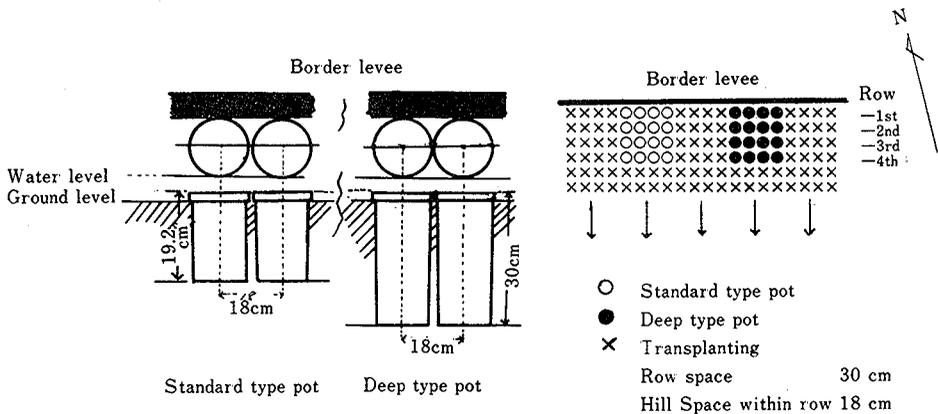


Fig.1 Plan and section view of pot in the paddy field.

ったが、肥料不足の傾向がみられたのでさらに穂肥として2gを追加し計5gを用いた。

調査は7月18日, 同25日, 8月9日, 同30日及び9月21日に, それぞれ上記の5ブロックのポットから1ブロックあて掘り出して抜き取り調査を行なうとともに, 別の10ポットについては生育調査を各時期に実施し, 収量調査は10月15日に掘り取った試料について行なった。葉面積及び乾物重は既報³⁾と同じ方法でもとめた。

結果及び考察

実験期間中の気象環境は7月下旬以降は高温多照にめぐまれ, 9月下旬には台風の接近に伴う大雨があったが特に被害はなかった。供試水稲の生育状況及び収量は次のとおりであった。

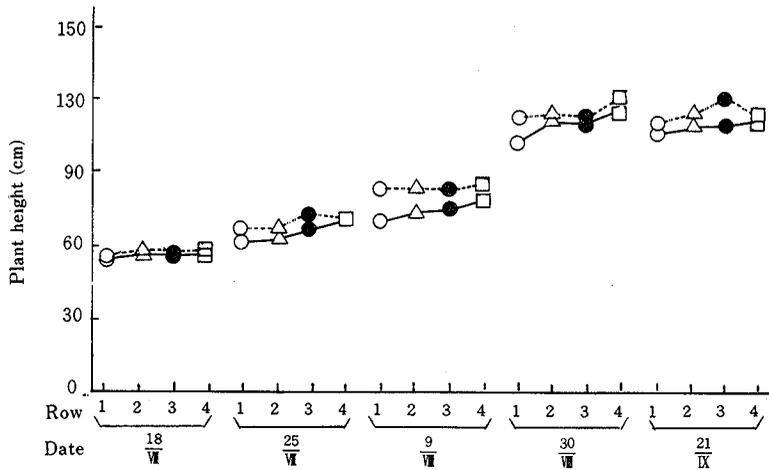


Fig.2 Changes in plant height.

Symbols
 ○ : Border first row
 △ : Inner second row
 ● : Inner third row
 □ : Inner fourth row
 — Standard type pot
 Deep type pot

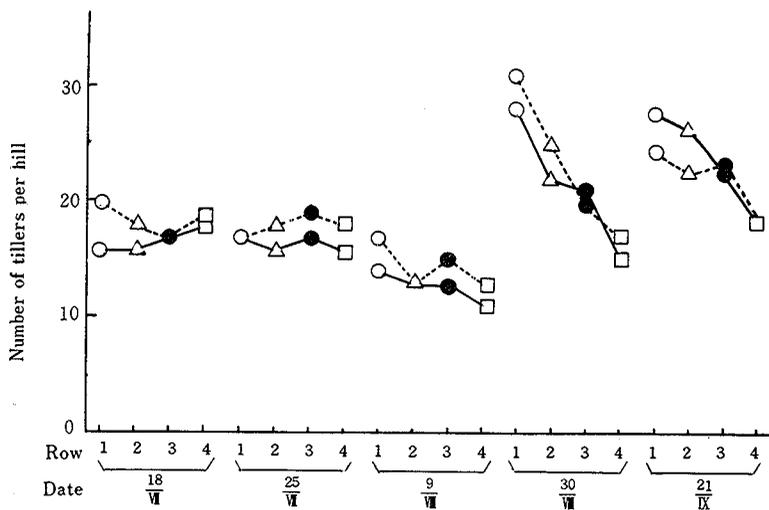


Fig.3 Changes in number of tillers.

Symbols are the same as those in Fig.2.

まず草丈の推移を示すと Fig.1 のとおりである。これで見られるように S 区では 7 月 18 日以降、第 1 < 第 2 < 第 3 < 第 4 列の順に内側ほど大きく、D 区でも第 2、第 3 列ではやや異なる傾向がみられたが第 1 < 第 4 列であった。また S 区と D 区のそれぞれ対応する列間では D 区の草丈がおおむね大であった。なお、分散分析の結果 S 区、D 区間で 1% レベルでそれぞれ有意の差が認められた。

次に分けつ数の推移を Fig.3 に示した。これによると一般的な分けつ状況と相当に異なった様相がみられる。すなわち本調査の 7 月 25 日はポットを利用せず水田に植付けた（以下直植えという）場合の最高分けつ期に相当するにもかかわらず、その分けつ数はむしろ 7 月 18 日のそれと大差がなかった。また 8 月 30 日（出穂開花期）の分けつ数（穂数）が増加しているのも普通の生育状況と様相を異にする。この原因についてはポット植栽による栄養分の過不足、施肥量及び施肥時期の適合性、ポット内の水分状態などのほか、周縁部水稻の特徴であるおくれ穂の多発性によるのかと推察されるが、本実験では説明が困難であった。

しかしながら、このような分けつ様の様相にもかかわらず、S 区と D 区間及び列間においては周縁部水稻の特

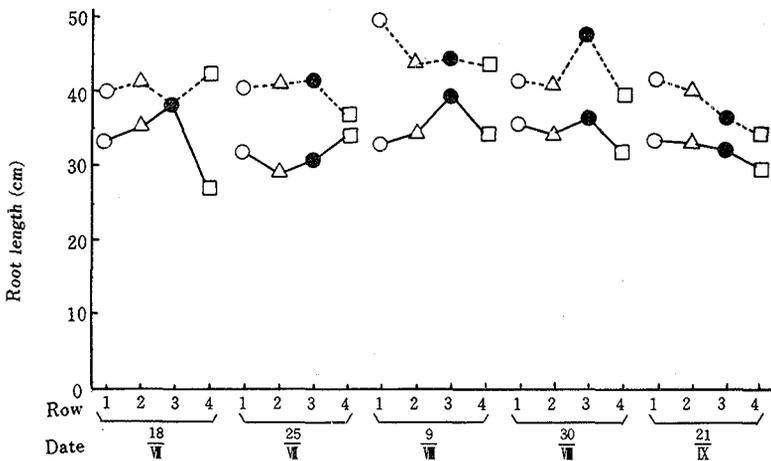


Fig.4 Changes in root length.

Symbols are the same as those in Fig.2.

性^(3,6,12,13)としての傾向がみられた。すなわち S、D 両区ともおおむね第 1 列の茎数が多く内側列ほどそれが少なかった。また両区のそれぞれ対応する列間では D 区で優る場合が多かった。なおこれらの差は、両区間の 7 月 25 日と 8 月 9 日、列間では 8 月 9 日以降は 1% レベルで有意であった。

根長の推移を Fig.4 に示した。この数値は、一定水圧で水洗いしながらポットから抜き取った水稻を根を切り離さず、手で握りしめて水をしぼり切り、倒三角形になった根群の長さを地際部から測定したものである。これによると S 区と D 区間、すなわちポットの深浅による差は明らかであるが列間の差は、S 区では 8 月 9 日までは周縁部 < 内側列となり、D 区では 7 月 18 日、8 月 29 日のほかは大体において周縁部 > 内側列の傾向がみられた。

このことは根圏域を制限して地下部環境条件を均一化した場合でも、地上部の生育との関連^(7,10)から地下部の生育伸長に差を生じたものと解される。なお生育時期別の変動が小さいのは限られた根圏域条件下のためかと考えられる。

次に葉面積の推移を Fig.5 に示した、まず S 区と D 区を比べてみると各時期を通じて殆んどの場合 D 区が S 区より大であった。また列間の差については S 区においては 8 月 9 日までは内側の 3 列がいずれも第 1 列よりも大きい、その後は反対に第 1 列が大となった。これに対し D 区では 7 月 25 日までは S 区と相似た経過を示

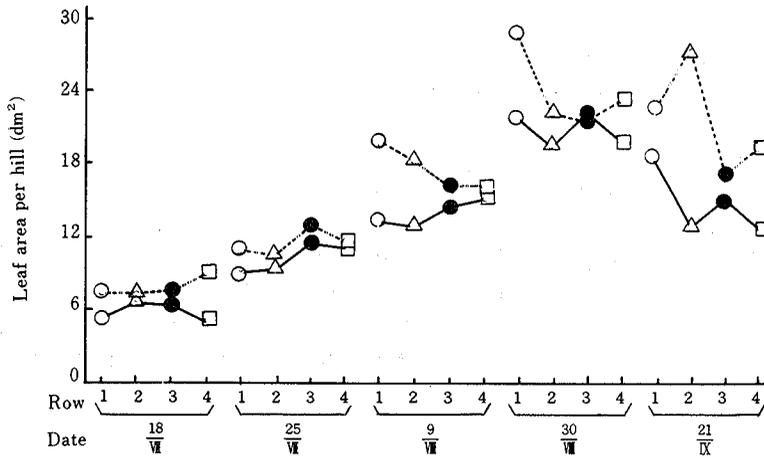


Fig.5 Changes in leaf area.
Symbols are the same as those in Fig.2.

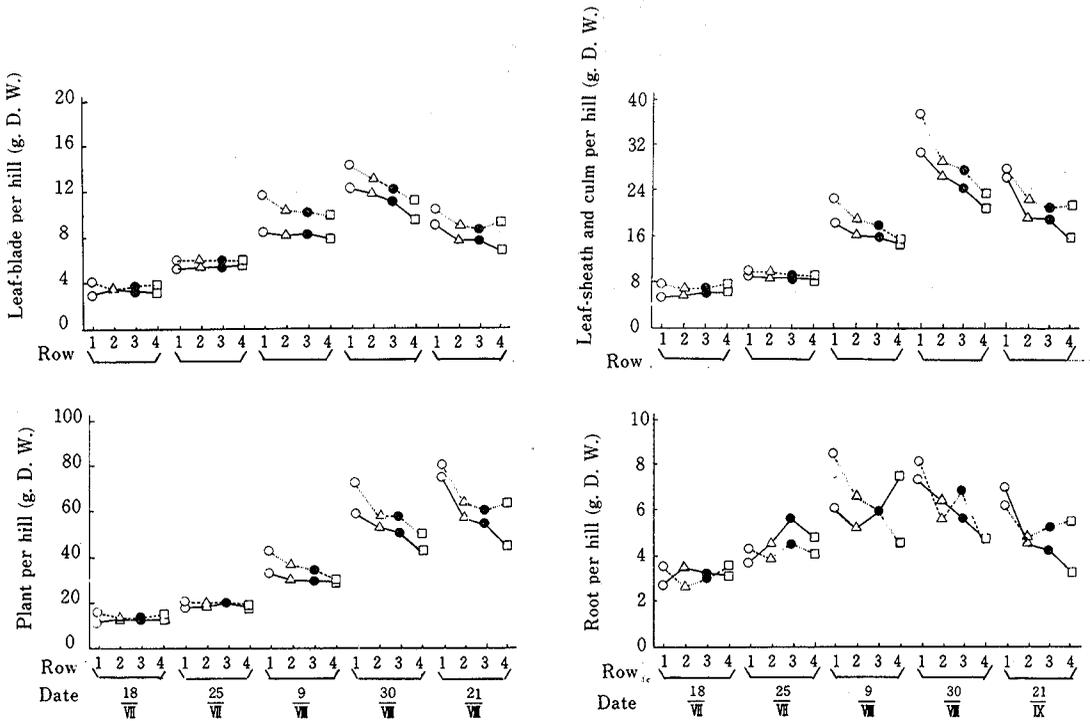


Fig. 6 Changes in dry weight.
Symbols are the same as those in Fig.2.

したが、以後は第1列が大となり、内側列ほど小さかった。このような葉面積の推移は既報⁽³⁾のそれとは多分に傾向を異にしたが、これは比葉面積 (SLA) が異なったことが大きく関連することからみると、葉の展開に係る根圏域の栄養条件⁽¹³⁾の制限がその要因かと推察される。

全乾物重及び器官別乾物重を Fig.6 に示した。これからみて株当たり全乾物重はS区よりD区が優り、列間にはS区、D区ともに8月9日以後周縁部>内側列の傾向が現れ、8月30日からはその差が顕著になった。

さらに葉身乾物重は全乾物重と同様に生育期間を通じてS区<D区であった。また周縁部の葉身重が内側列のそれより大となったのは、S区は8月30日以降であるのに対し、D区では8月9日からその傾向が現れ始めた。この推移は既報⁽³⁾の直植えの場合と同様相を異にする。

葉鞘・稈の乾物重は葉身のそれとほぼ良く似た傾向がみられ、S区とD区間ではD区が大であり、両区それぞれの列間には7月25日ごろから周縁部>内側列の差が現れ始め、以後その差が大きくなった。そして8月30日において両区とも最大値を示した。

根乾物重はS区とD区間において他の器官別乾物重と異なった傾向がみられ、第1列ではD区が優り内側列ではS区が優る場合が多いが、8月9日以後D区の第2、3列がS区のそれに優ることがあった。D区の第4列は8月30日と9月21日のほかはいずれもS区の第4列に劣った。さらに両区それぞれの周縁部と内側列間では、8月9日までS区では周縁部<内側列、それ以後は周縁部>内側列となり、D区では7月25日までは周

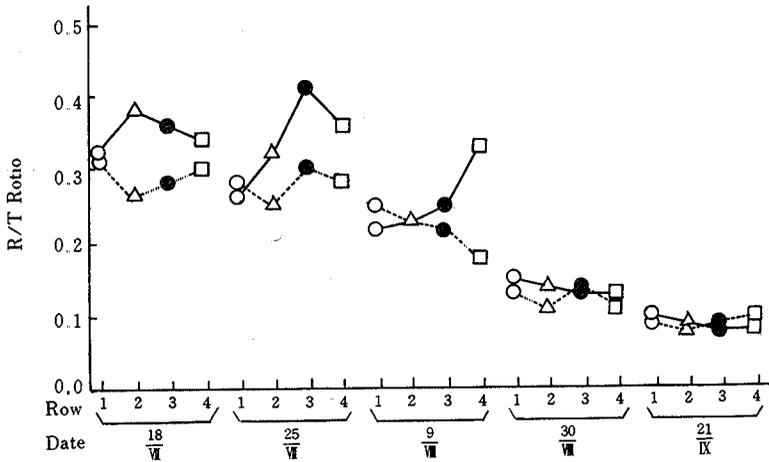


Fig.7 Changes in R/T ratio.
Symbols are the same as those in Fig.2.

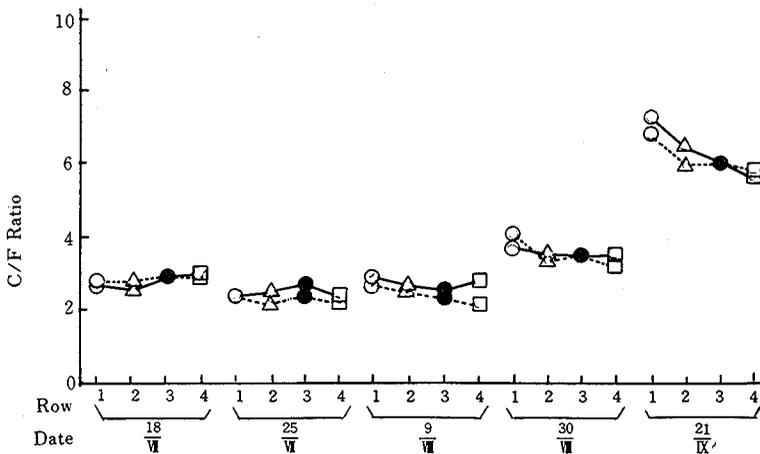


Fig.8 Changes in C/F ratio.
Symbols are the same as those in Fig.2.

縁部>内側列であるがその差が小さく, 8月9日後はその差が大きくなった。しかしD区の内側列間では第4列が最も小さいが, 第2列と第3列は優劣が時期によって相違した。

これら乾物重の推移について分散分析の結果, 全乾物重, 葉身重及び葉鞘・稈重のS, D両区間の差はいずれも1%レベルで, また両区それぞれの周縁部と内側列との差についても8月9日以降は同じく1%レベルで有意であり, さらに区間と列間の交互作用も葉鞘・稈重で8月9日と9月21日には5%レベルで, 同じく根重のそれは7月25日, 8月9日及び9月21日には1%レベルで有意であった。

R/T比の推移をFig.8に示した, S, D両区間においては8月9日までは区間差が大きく, それ以後は僅少差であるがS区>D区の場合が多かった。また周縁部と内側列間においては, S区では8月9日までは第1列<内側列, 8月30日からは第1列>内側列となった。一方D区では7月18日, 25日には第1列は第3, 4列と近似し, 第2列はやや小さく, 8月9日には第1列>内側列となったが, その後は列間差が小さく再び近似した。なお8月9日までの区間差と7月25日の列間差はそれぞれ1%レベルで有意であったが, S区の生育前期における内側列のR/T比の値が大きいの注目すべきことと思われる。

C/F比についてFig.8に示した。S区とD区はこの値は, 生育期間を通じてS区がD区より小さかった。特に7月25日, 8月9日では1%レベルで有意の差が認められた。また周縁部>内側列の傾向が強く, 7月25日では5%レベルの, 以後は1%レベルで有意が認められ, いずれも内側ほど小さい値であった。このことは既報⁽³⁾の傾向とほぼ一致する。

収量構成要素についてFig.9に穂数, 1穂粒数, 登熟歩合及び玄米千粒重を示した。まず1株当たり穂数はS区がD区に第1, 2列で優り, 第3, 4列では近似した。一方, S区の列間においては第1列で多く, 内側列ほど少なかった。D区もこれと類似の傾向がみられたが第2列と第3列とは殆んど差がなかった。

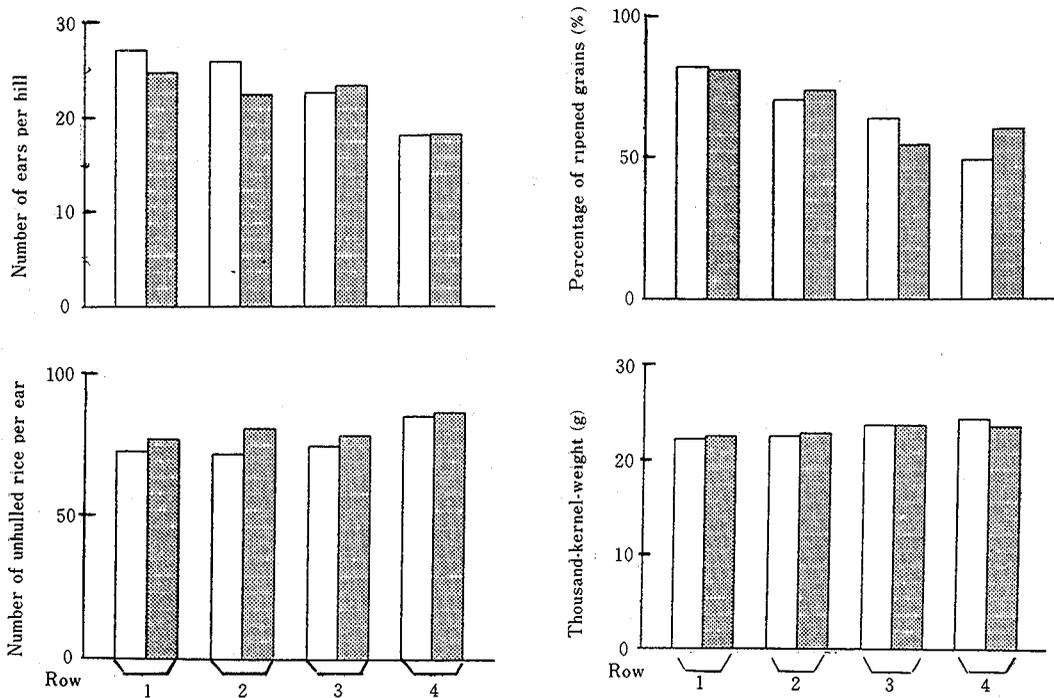


Fig.9 Yield component factors of each row.

Symbols

- : Standard type pot
- ▨ : Deep typ pot

1穂当たりの粒数は穂数とは反対にS区よりD区が優り、列間では両区とも第1-3列は近似しており第4列が大であった。

登熟歩合も第1列と第2列はS区とD区が近似し、第3列ではS区が、第4列ではD区が優った。しかし両区とも内側列ほど低い値であった。

玄米千粒重はS、D両区間には殆んど差がないが、周縁部と内側列間では内側列が優った。なお、これらの収量構成要素について分散分析の結果、S区とD区間の差について1穂粒数では5%レベルで、周縁部と内側列間の差については4要素いずれも1%レベルで有意であった。

最後に1株当たり玄米収量をFig. 10に示した。これで見られるようにS、D両区とも第1>第2>第3>第4列で周縁部が内側列に優り、その差は1%レベルで有意であった。また両区間では各列ともD区で優った。

以上の結果から水田周縁部における水稻について、その根圏域を制限した場合の生育の様相と収量成立の過程がある程度解明された。

すなわち、周縁部と内側列の水稻の生育と収量は、根圏域を制限して地下部条件を均一化しても、制限を与えない場合と殆んど同様の傾向が認められた。しかし面積を同じくして容積的に異なる制限を与えた場合には、容積の大なる方が周縁部も内側列もともに乾物生産及び収量が優る結果が得られた。

しかして周縁効果は種々なる要因^(12,13)が相関連して生じるのは勿論であるが、上述の諸点からして、本実験における根圏域の制限範囲内では、周縁効果の発現に関しては地下部環境よりも地上部環境^(2,4,6,10)の影響が大きく、このため地下環境は周縁部と内側列の区別なく生育並びに収量に対して、ほぼ同程度の影響を及ぼしたものと推察される。

したがって実際の場面においては、内側列の地上部環境が周縁部のそれに近い条件になるような栽植様式⁽²⁾の採用(例えば数列ごとに畦間を広くする)や、地下部に対して心土のあり方を考慮した深耕による土壤環境の改善などが示唆された。

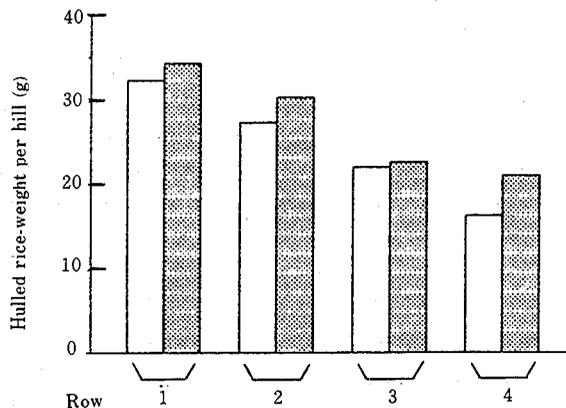


Fig.10 Hulled rice-weight.

Symbols are the same as those in Fig.9.

引用文献

- (1) AUSTIN, R. B. and R. D. BLACKWELL: Edge and neighbour effects in cereal yield trials, *J. Agric. Sci.* **94**, 731-234 (1980).
- (2) 井口厚信: 暖地水田地帯における農作業の機械化に関する研究 Ⅲ 乾田直播水稻群落における微気象要素と個体群生産構造の推移について, 香川大農学報, **21** (No.48) 196-206 (1970).
- (3) ———, 木暮 秩, 中西康彰: 水田周縁部における水稻について 第1報 生育と収量, ———, **36** (1), 69-75 (1984).
- (4) 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).
- (5) 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莖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).
- (6) 木暮 秩, 井口厚信, 中西康彰: 水田周縁部における水稻について, 第2報, 作物体の生理作用, 香川大農学部, **36**, (1), 77-83 (1984).
- (7) 鯨 幸夫: 水稻の栄養生長期における生長解析 — Root Growth Analysis と Growth Analysis — との関連について, 日作紀, **53**, (1), 41-46 (1984).
- (8) 松尾孝嶺: 稲の形態と機能, 39-178, 東京, 農業技術協会 (1960).

- (9) 松島省三: 稲作の理論と技術, 250-265, 東京, 養賢堂 (1965).
- (10) MURATA, Y., J. IYAMA and T. HONMA : Studies on the photosynthesis of rice plants. VIII On the interrelationships between photosynthetic activity of the leaf and physiological activity of the root. Proc. Crop Sci. Japan **34**, 148-153 (1965).
- (11) Van der MEULEN, J. G. J. : Over den Invloed van Randplanten op de Opdrenst van Sawahpadi in Kleine Proefvakken, Landbouw. VII, 1931 / 32. pp. 85-106. ; 農及園 **7** (3), 510-511 (1932) より引用.
- (12) 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).
- (13) 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).
(1985年5月31日 受理)