

## 暖地における畦間灌漑と水稻生育との関係

### I. 畦間灌漑法の差異が IR8 の生育に及ぼす影響

植木健至・ネブカドレザ P. アルボレダ\*

(昭和50年8月30日 受理)

## The Relationship between Furrow Irrigation and Rice Growth in the Warmer District in Japan

### I. The Effects of Various Furrow Irrigations on the Growth of Variety IR8

Kenji Ueki and Nebuchadrezzar P. Arboleda

(Laboratory of Crop Science)

#### 緒 言

近年、水稻多収性品種の育成普及はめざましく、これが全国的な収量増の一因となっていることは周知の事実である。しかしここで注目すべきは、在来品種から多収性品種への移行に伴う収量の伸び率が、北九州に比べて南九州は依然として低いということである<sup>9)</sup>。多収性品種の特徴は、短稈、葉の直立あるいは耐肥性の増大など優れた遺伝形質を背景として、旺盛な分けつ力の増大を収量に直結していることであって、結局南九州のような高温かつ瘦薄土壌地帯では、施肥量の増大のみでは十分な分けつ数、引いては穂数の確保を達成し得ないことを意味するものであり、著者らが灌漑法の改良に注目した理由もまたここにある。

元来畦間灌漑という概念は、畑地灌漑の一法として認識されてきたものであって、水田灌漑の一法として実際への適用は例外と思われるもの<sup>1)</sup>を除けば全くみられない。にもかかわらずここで畦間灌漑を取上げた理由は、本法が湛水栽培や間断灌漑と異なり、地下部への豊富な水、養分と空気との平行的な同時供給が可能であるということ、換言すれば常に根の健全を保持しつつ多収稲特有の栄養生長量の増大が期待できると考えたからである。

ここで IR8 に注目した理由は、日本型、印度型を通じて数多く存在する多収性品種のなかでも特にその生産力が旺盛であると認められる<sup>2)10)</sup>からであり、南九州においては IR8 の栽培は環境的に若干不利であることを承知の上で、多収性品種の典型として供試品

種に採択したものである。

本実験は圃場への実際的適用のための基礎資料を得るための第一歩として、各種の畦間灌漑様式と IR8 の生育収量との関係をみたものであるが、若干の興味ある知見が得られたので報告する。

なお本実験を遂行するに当たり、灌漑設備の作成に本学宮里満講師の御助力御指導を得た。記して深謝の意を表する。

#### 実験方法

1×1×0.3 m の木箱9を作成し、前以て攪拌混合した土壌を充填し、湛水区を除いた8区(箱)は畦幅 20 cm、畦高 15 cm および畦間(下端) 10 cm の畦を1区当り3列設定した。なお処理は活着後、収穫期まで行なわれたが処理区の構成と灌漑方法を Table 1 に記した。同表において、Flooding irrigation-Stagnant (以下 ST と略記)は対照区であり常時 5 cm 全面湛水した。Constant furrow I, II および III (以下 CO I, CO II, および CO III と略記)はおのおの 4 cm, 7 cm および 10 cm にフロートレススイッチとポンプを併用して常に畦間の水深を保持した。Alternative furrow I および II (以下 ALI および ALII と略記)は最初畦間に 10 cm 湛水し、排水管の口径を調節することによりおのおの 60 分、30 分と所要時間で排水し、直ちに自動的にポンプを作動して元の水深に復帰させるものである。Intermittent furrow (以下 IN と略記)はいわば間断灌漑に類似するもので、畦間の水深を 10 cm とし自然の蒸発散によって畦間水が失われたときフロートスイッチが作動し給水するものである。Cycling furrow (以下 CY と略記)

\* 現住所; National Food and Agricultural Council, Quezon, Philippines

Table 1. Experimental design and irrigation method.

Sort	Treatment	Abbreviation	Irrigation method
Flooding irrigation	Stagnant	ST*	5 cm depth-water was kept in complete submergence.
Furrow irrigation	Constant furrow I	CO I	Water in the furrow was filled at 4 cm (CO I), 7 cm (CO II) and 10 cm (CO III) depth. Water level was maintained by floatless switch.
	Constant furrow II	CO II	
	Constant furrow III	CO III	
	Alternate furrow I	AL I	Water was pumped from separate tank into the plot and after reaching 10 cm depth, water was drained back to the tank by a glass siphon. The time required to drain was 60 min. (AL I) and 30 min. (AL II). As soon as drained off, water was pumped up again.
	Alternate furrow II	AL II	
	Intermitted furrow	IN	Water was filled at 7 cm. Re-irrigation by pump was made only after the water was lost by evapotranspiration.
	Cycle furrow	CY	A tank was placed beside the plot. Water was pumped into the plot, circulated through the furrow and drained back to the tank. All the time, water was circulated.
Flowing furrow	FL	Tap water was applied at the end of the furrow and was made to flow continuously through the other end.	

\*; Control

は試験箱の傍に貯水槽を設けて、ポンプにより常時畦間と貯水槽との間を循環させるもので畦間循環区ともいうべきものである。Flowing furrow (以下 FL と略記) は常時畦間を約 5~7 cm の深さに水道水を掛流したもので畦間掛流し区ともいえるものである。

栽培方法は次の通りである。30日苗の IR8 を 1973 年 7 月 1 日に移植し株間 20 cm 1 株 3 本植とした。もちろん ST 区においても栽植間隔は畦立区と同様である。窒素、燐酸および加里は要素量でおのおの 10 a 当り 6 kg 移植前に元肥として、また追肥は移植後 6 週間に窒素のみ 10 a 当り 3 kg を施した。

移植後 1 週間ごとに生育調査を行なうとともに、収穫時 (ST 区は 10 月 21 日、畦立処理区は 11 月 1 日) には収量および収量構成要素の調査を常法により行なった。移植後 10 週間すなわち出穂直前時に標準株 1 株を、また収穫時に 5 株を抜き取り、地上各部について 48 時間通風乾燥して重量測定を行なうとともに、緑葉葉面積を葉面積計を用いて測定した。

水、地温の変化については、毎日最高最低水温を測定するとともに、午後 1 時に地下 5 cm と 10 cm の地温を測定した。

## 実験結果

草丈の推移を Fig. 1 に示した。移植後 5 週間までは ST 区の伸長が勝るが、移植後 6 週間頃より CY 区および AL I 区の伸長が著しく、更に移植後 8 週間か

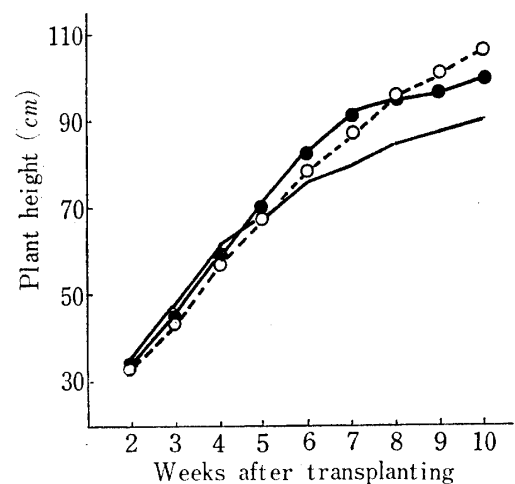


Fig. 1 Changes in plant height.

○----○ Flowing furrow, ●—● Cycle furrow, — Flooding

The other six plots were almost the same as in the flooding.

らは FL 区が最高となった。したがって出穂期には FL 区>CY 区>AL II 区>IN 区, CO I 区, CO II 区, CO III 区, ST 区の傾向がみられ, とくに前 3 区は ST 区に対し 1%水準で有意であった。

茎数の推移を Fig. 2 に示した。最高分けつ期は

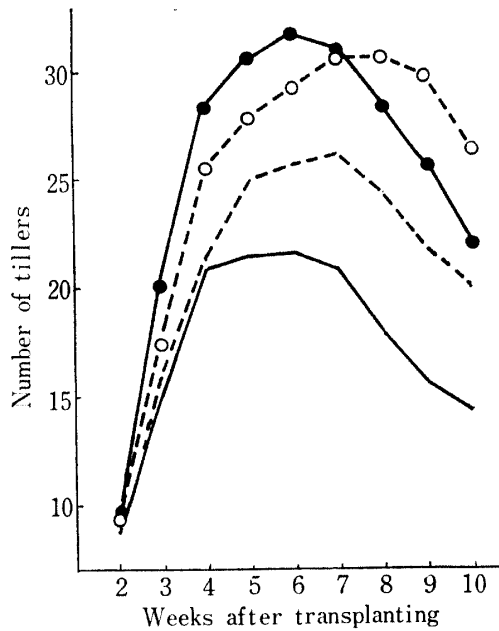


Fig. 2 Changes in number of tillers.

○—○ Flowing furrow, ●—● Cycle furrow, ---- Alternate furrow I, —— Flooding

The other five plots were almost the same as in the alternate furrow I.

FL 区を除いた全区が移植後 5~6 週間の附近にみられたが, FL 区のみは移植後 7~8 週間となり約 2 週間の遅延がみられた。茎数については生育全期を通じて ST 区が最低で, 全般的に畦立処理効果がよく表われている。とくに生育初期から移植後 6 週間までは CY 区の増加が著しく, 以後は FL 区が追越し区間中最多を示したことが特徴的であった。FL 区, CY 区以外の畦立処理区は ST 区より勝ったが FL 区, CY 区よりは劣り, 相互に区間差を認め得ない状態で推移した。最終的には全畦立処理区が ST 区に対し 1%水準で有意的に大であることが認められた。なお Fig. 2 からも推定し得るように FL 区は分けつ数が大であるとともに有効茎歩合も 90%を示し, 他の 8 区が 70%内外であるのと比較して著しく高く保持されたことが注目された。

出葉速度についてはほとんど処理による影響が認められず, 最終的には葉令は全区共 16.3±0.2 の範囲に包含された。

出穂始期はもっとも速い ST 区が 9 月 10 日で, もっとも遅い FL 区が 9 月 16 日であり, 他の処理区は両区の間中に位置した。また 0.5 本/株/日以上出穂した期間をみると, ST 区の 11 日がかもっとも短かいのに対し, 畦立処理区は何れも出穂期間が延長し, なかでも CY 区 16 日, FL 区 18 日と分けつ数の多い区程長くなる傾向がみられた。

移植後 10 週間目 (9 月 11 日) と収穫時における茎葉重および緑葉面積を Table 2 に示した。移植後

Table 2. Dry weight of top and leaf area.

Item	ST	Furrow irrigation							
		CO I	CO II	CO III	AL I	AL II	IN	CY	FL
Weight of leaf blade at 10 weeks after transplanting (gm)	10.1	11.2	12.9	18.2	19.2	14.1	15.1	18.5	35.3
Weight of leaf sheath and stem at 10 weeks after transplanting (gm)	41.9	46.6	55.8	70.5	69.8	52.3	62.5	70.2	90.3
Weight of top at maturity (gm)	52.5	61.1	67.5	74.6	68.9	60.9	63.1	88.2	119.2
Weight of panicle at maturity (gm)	28.8	38.9	39.5	41.8	37.4	30.9	43.3	48.8	73.1
Panicle/straw ratio (%)	0.55	0.64	0.59	0.56	0.54	0.51	0.69	0.55	0.61
Green leaf area at 10 weeks after transplanting (sq. cm)	2060.8	2173.9	2442.9	3251.8	3993.0	2728.6	2995.0	3997.8	7199.0

At 10 weeks after transplanting one standard hill was used.  
At maturity, five hills were used.

10週間の茎葉重でもっとも注目されるのはFL区であって、ST区に対し葉身を除く地上部重で約2倍、葉身重で約3.5倍を示し、他の何れの区と比較しても抜群に大であった。FL区に次ぐものとしてはAL I区、CY区があり、ST区に対し葉身を除く地上部重で約1.7倍、葉身重で約2倍を示した。全体的にはFL区>AL I区、CY区>CO III区>IN区>CO I区、CO II区、ST区の傾向がみられる。なおFL区の葉色はもっとも濃緑色を呈していた。以上の出穂直前にみられた傾向は、程度の差こそあれ成熟期においても同様であったが、穂/茎葉比は区間に大差が認められなかった。また移植後10週間における緑葉葉面積は、ST区に対しFL区が約3.5倍、AL I区、CY区が約2倍、ついでCO II区とIN区が約1.5倍を示し同時期における地上部重の傾向とほぼ同様であった。

収量構成要素ならびに収量についてはTable 3に示した。収量構成要素のうち穂数は、全畦立処理区がST区に比べて有意的で大であったこと、なかでもFL区は抜群に大でST区の約2倍を確保した。平均1穂粒数はFL区が最大でAL I区およびCY区がこれに次いで大であったが、その他の処理区においてはST区と差異がみられなかった。反面、穂数、1穂粒数にみられた傾向は登熟歩合では逆の傾向となって表われている。すなわち全般的に低水準の登熟歩合が目立つが、なかでもFL区は最低でAL I区がこれに次ぎ1%レベルでST区に対し有意的に減少した。また精糶千粒重においてもST区が勝り全畦立処理区で減少傾向がみられた。

FL区、CY区およびST区の水温の変化をFig. 3

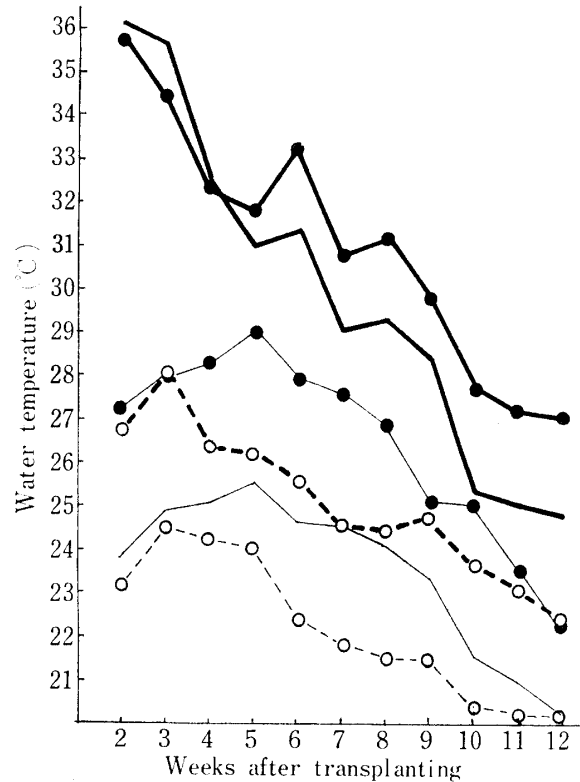


Fig. 3 Average weekly water temperature.

- .....○ Flowing furrow, max. temp.
- .....○ Flowing furrow, min. temp.
- .....● Cycle furrow, max. temp.
- .....● Cycle furrow, min. temp.
- Flooding, max. temp.
- Flooding, min. temp.

The other six plots were midway between the flowing and cycle furrow and slightly lower (max. temp.) and higher (min. temp.) than in case of the flooding.

Table 3. Yield component and yield.

Item	ST	Ridge culture							
		CO I	CO II	CO III	AL I	AL II	IN	CY	FL
Number of panicles per hill	14.1	18.2*	19.3*	20.6**	19.5**	19.2**	19.6**	22.2**	28.6**
Average number of spikelets per panicle	104.8	119.2	105.2	114.2	129.9**	—	107.5	124.0**	154.5**
Percentage of ripened grains (%)	52.4	45.9	51.7	44.2	38.9-*	—	54.2	36.5-***	35.0**
Weight of 1000 winnowed grains (gm)	26.1	24.9-***	25.9	24.4-***	23.9-***	—	26.0	25.5-*	25.4
Weight of grains per hill (gm)	20.5	24.9	26.9**	25.2	22.2	—	30.8**	32.2**	40.9**

\* and \*\*; significant level at 5% and 1% against the control (ST), respectively.

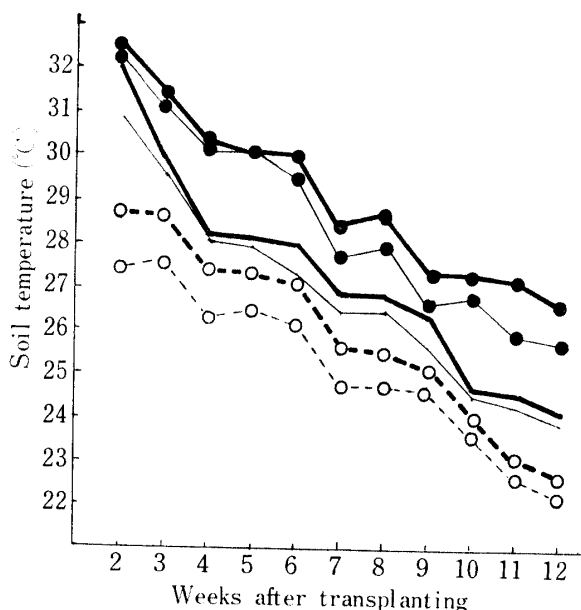


Fig. 4 Average weekly soil temperature at 1 PM.

- .....○ Flowing furrow, at 5 cm level
- .....○ Flowing furrow, at 10 cm level
- .....● Cycle furrow, at 5 cm level
- .....● Cycle furrow, at 10 cm level
- Flooding, at 5 cm level
- Flooding, at 10 cm level

The other six plots were slightly higher than in the flooding.

にしめした。最低水温については全期間にわたってCY区>ST区>FL区の傾向が、最高水温は移植後4週間まではST区≧CY区>FL区で、以後はCY区>ST区>FL区の傾向を示した。その他の処理区は類似の集団を形成し、CY区とFL区の間中に位置したが、最低水温で約2°Cの範囲でST区より高く、逆に移植後3週間以後の最高水温は約2°Cの範囲でST区より低く経過した。また地温はFig. 4に示した。5 cm, 10 cm地温ともにCY区>ST区>FL区の傾向がみられ、また他の処理区はST区とほぼ類似の傾向を示したが、水温よりは全体的に区間差は小であった。

#### 考 察

水と空気、換言すれば好氣的条件下での多量の水の補給という単純発想で行なった畦間灌漑が、水稻生育に対し予想以上に効果的に影響することが認められた。緒言に記したように畦間灌漑という概念は、限定された水量を使用する畑地灌漑の一法として従来用いられてきた言葉であって、その意味では過去に多くの

報告がみられるが、水田灌漑の一法としての研究はきわめて少ない<sup>6)</sup>。東北地方で行われた数少ないこの種試験が、畦立栽培の目的を畦間の水温上昇による生育促進にしていることは、以下記述する低水温効果を強調する本実験とはまことに対象的であって、寒暖両地域における問題の取り上げ方の差異を端的に示すものとして興味深く思われる。

ところで湛水灌漑よりも畦間灌漑が効果的であったとしても、それが灌水様式の差異によってその効果度もまた変化することは注目してよい。すなわちFL区やCY区にみられるように、常時灌漑水が畦間を流動すると同時に、附随的に水、地温の変化を伴う区において特異的な生育様相を示す反面、その他の比較的溫度変化の少ない処理区においてはその効果度もまた小であったことである。換言すれば畦立のもつ特性にいま1つの属性—ここでは水、地温—が加えられることによって水稻の生育量を飛躍的に増大したといえるのであって、その典型がFL区やCY区と考えられるのである。

まずFL区は畦間掛流し灌漑ともいうべきであるが、出穂直前時において湛水区の約2.5倍という大型の地上部栄養体が得られたことは特筆すべきであろう。これは8月に入ってから草丈の伸長、著しい莖数増と同時に葉枯れが少なく広面積の濃緑葉を保持し得た結果であって、このような典型的な後期優勢型の生育様相については、畦立効果と掛流しによる低水温効果が相乗的に作用した結果と考えることができる。著者は暖地では低水温灌漑が若干の生育の遅延を伴うものの分けつ引いては穂数増に有効であることはすでに立証しており<sup>9)</sup>、また熱帯における栽培時期試験において、わずかな気温の低下が熱帯稲の分けつ増に有効なことも報告されている<sup>7)</sup>。このような観点からFL区をみると、盛夏期でも水、地温の最高は28°C以下で経過しており、このことが畦立条件下における根の發育を媒体として特異的とも思われる栄養体の増大をもたらしたものと考えられる。

次にCY区においては、移植後5週間までの分けつ増とその後の草丈の伸長が顕著で、また出穂直前の地上部重もST区の約1.8倍を示したことが特徴的であった。FL区とは逆にCY区の水、地温の上昇がみられたことは、本実験における灌漑処理方法によるものであって、試験木箱に隣接した貯溜水槽との間に水を常時循環させたために、Fig. 3にみるように曇雨天時あるいは夜間の水温低下度が小であったためと考えられる。いわば水、地温の若干の上昇が、畦立条件と相

まって前期優勢型の生育様相をもたらしたと思われるが、ここで注目すべきは生育前期における栄養生長の増大が暖地の湛水栽培に起こり勝ちな秋落ち現象を誘起していないということである。ここに畦立という好氣的条件の特色が表現されているといつてよいであろう。

その他の畦立処理区は、ST区と比較した場合に、若干の地上部重の増大と平行して分けつ数引いては穂数の増大をみているもののFL区やCY区に比べればその差は小であった。なかでもALI区やIN区に期待がかけられたが結果は全体的にみれば特筆するほどではなく、一方水深の浅いCOI区や短時間で排水を繰り返すALII区などは湛水区に接近して効果度も小であった。ここに温度変化をあまり伴わない畦立栽培の限界をみるようである。

以上、FL区を中心に畦立とそれに伴う温度変化との複合効果を述べてきたが、ここで重要なことは、もたらされた効果が栄養体の増大にあったということであって、これがそのまま収量に直結したものではないということである。すなわち、極端な登熟歩合の低下がそれであってとくにFL区に大きい。この理由として未だ日本でのIR8の栽培に関する知見が少なく、栽培時期の設定も従来の南九州における慣行法のそれに依存したために、出穂期の遅延とそれに伴う登熟日数の不足が大きく影響したためと思われる。本報告において収量に力点をおかない理由もまたここにあり。しかしIR8に関して、最適LAIは6附近であるが、LAI 10附近までは減収をみない<sup>3,4,8)</sup>といわれていることよりみて、相当の過繁茂状態下でも、栽培法の改良によっては栄養体の増大を収量に直結し得る道があるのではないかと推定されるのであって、このことはIR8に限らず日本型の多収稲をもあわせ今後追求すべき問題であると考えられる。

### 要 約

水稻IR8の生育に及ぼす各種畦間灌漑法の影響を湛水灌漑と比較検討した。各処理区は100×100×30 cmの木箱を用い、なかに畦幅20 cm、畦高15 cm、畦長100 cmの畦を5列作成し畦間(下端)を10 cmとした。灌漑処理法は第1表に示した通りである。得られた結果はつぎの通りである。

1. 移植後6週間以降、畦間掛流し区の草丈および

分けつ数は他の何れの処理区よりも大で、穂数と1穂粒数の増大により区間で最大の収量を得た。とくに栄養生長量の増大は著しく、出穂直前における株当り地上部重と緑葉面積は湛水区に対しおのおの2.5倍と3.5倍を示した。この特異的な後期優勢型の生育様相は好氣的な畦立条件と掛流しによる低水温の複合的な効果と考えられる。

2. 畦間循環灌漑区は、貯水槽との間の循環システムのために、水、地温が比較的高く保持されたことも影響されて、掛流し区とは逆に移植後6週間までの初期の茎数増が顕著で、同時に地上部重も大で穂数および1穂粒数の増加をみたが、その程度は畦間掛流し区には及ばなかった。ここで生育初期の高温条件に附随しやすい後期漸落型の生育を示さなかったことは、畦立による好氣的条件が影響したものと見て注目された。

3. 畦間の水深や排水時間に差異を設定したその他の処理区は、湛水区より分けつ数、穂数および地上部重に若干の増加をみたが特筆するほどの差異ではなく、また相互の区間差も比較的小であった。

4. 以上のように、水、地温の変化を伴った畦立処理区に特異的な生育がみられたが、出穂期の遅延による登熟歩合の著しい低下のために、得られた栄養体の増大を収量に直結し得なかった。この点に関しては、水管理以外の栽培方法の改良などにより克服してゆきたい問題と考える。

### 文 献

- 1) Grist, D. H.: Longmans, Green and Co. Ltd., London (1965)
- 2) IRRI: *The IRRI Reporter*, 2(4), 1-4 (1966)
- 3) —————: *Annual Report for 1968*, 18-24 (1970)
- 4) —————: *Annual Report for 1969*, 146-152 (1970)
- 5) 鹿児島農林統計協会: 統計の窓, 47, 1-33 (1974)
- 6) 及川 嘉一: 岩手大 農学部報告, 4, 171-173 (1959)
- 7) 長田明夫・奈良正雄・H. チャクラバンダ・M. ホーラン・M. ゲスプラサート: 日作紀, 42, 351-361 (1973)
- 8) 倉島健児: 熱帯研究集報, 21, 38-46 (1971)
- 9) 植木健至: 日作紀, 27, 426-428 (1959)
- 10) Ueki, K. and Shanmugaratnam, N.: *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.*, 18, 29-40 (1973)

### Summary

The effects of various furrow irrigations on the growth of paddy rice, variety IR8, were examined in comparison with flooding irrigation. Nine wooden boxes  $1\text{ m}\times 1\text{ m}\times 0.3\text{ m}$  respectively, and lined with polyethylene sheets, were made and filled with paddy soil. Three ridges  $15\text{ cm}$  high,  $20\text{ cm}$  wide and  $100\text{ cm}$  long respectively, were made inside eight boxes, and each ridge was separated by a furrow  $10\text{ cm}$  wide at the bottom. Experimental design was showed in Table 1. Main experimental results were as follows:

1. From six weeks after transplanting to heading period, the plant height and the number of tillers under flowing-furrow irrigation were significantly superior to those of all the other treatments, and the highest yield obtained was associated with the large number of panicles and the large number of spikelets per panicle. The rice growth of this treatment at just before heading was so vigorous that the weight of top and the area of green leaves per hill showed about 2.5 times and about 3.5 times those of the flooding culture, respectively; and it was assumed that this peculiar phenomenon, late-vigor type, was caused by the combination effects of the aerobic condition due to ridge culture, and the low water-soil temperature due to flowing system.

2. The cycle-furrow treated plants showed highest number of tillers from the first to the six weeks after transplanting, with the weight of top and the area of green leaves per hill noted to be greater, at just before heading, than those of the other treatments except flowing furrow. So, the number of panicles and the number of spikelets per panicle were ranked next to those of flowing furrow, and it was supposed that this phenomenon was caused by the combination effects of aerobic condition due to ridge culture and somewhat high water-soil condition due to cycling system.

3. In the other treatments, namely in varied water depth or drainage time, the plants treated in the alternative furrow I, intermittent furrow and constant furrow III, showed somewhat superior growth to those treated in the alternative furrow II, constant furrow I and constant furrow II, but their differences were not so remarkable. Consequently, the plant growth and yield under flooding culture, the control was lowest of all the treatments.

4. Although vigorously vegetative growth was obtained in furrow irrigation, especially in flowing system, we could'nt connect those effects to the enormous yield increase owing to delay of heading and the decrease of the percentage of ripened grains. It is likely that further study may kept to solve those problems by the improvement of the other culture methods, for instance, planting period and so forth.