生育中期の水管理が水稻生育収量に及ぼす影響

飯田 周治・新村 善男・上 森 晃・久津那 浩三

(富山県農業技術センター)

平成元年4月17日受理

要 旨：一般の圃場での生育中期の水管理の方法が水稻の生育収量に及ぼす影響を明らかにするため、壤土質乾田を用い、土壌改良資材、肥料、稲わら等を適切に施用して、分けつ終期から減数分裂期までの間の排水方法を変えることによって、土壌への影響、水稻の生育、収量品質に及ぼす影響を調べた。試験区1は分けつ終期、穂首分化期、減数分裂期前期の3回にわたって数日間灌水を止めて排水をする区、試験区2は穂首分化期と減数分裂期前期の2回同様の排水をする区、試験区3は減数分裂期前期のみの同様の排水をする区を設け、ほぼ同じ内容で3年間試験を継続した。排水が土壌の酸化還元電位や減水深に及ぼす影響では、試験区1の場合が+300 mV 附近の最も高い酸化状態に達し、灌水後も高い酸化状態が長く継続した。土壌の減水深も同様に試験区1の場合が48~60 mm/日と最も多かった。排水の差による分けつの発生、稲体の生育、稲体の窒素含量に及ぼす影響はほとんど認められなかった。収穫時の生葉数や枝梗の生存率に及ぼす影響は試験区1が良好であった。根系に及ぼす影響も同様に試験区1が大部分褐色の健全根で良好であった。収量品質面への影響では、玄米重、粳重は試験区1が常に優れ、稲わら施用の場合特に玄米重への影響について有意差が認められた。立毛中の胴割粒の発生は試験区1が最も少なかった。

キーワード：間断灌漑、減水深、酸化還元電位、収量、水稻、生育。

Influence of Irrigation Management at the Middle Growing Stage on Rice Plant Growth and Yield :
Shuji IIDA, Yoshio SHINMURA, Akira UEMORI and Kozo KUZUNA (*Toyama Agricultural Research Center, Toyama 939, Japan*)

Abstract : The experiment was carried out to clarify the influence of irrigation management at the middle growing stage on the rice plant growth and yield in a well drained loamy paddy field.

Three experimental plots were prepared with optimum fertilizer applications. Plot 1; three-time drainage treatments were carried out during the period from the later tillering stage to the early meiosis stage. Plot 2; two-time drainage treatments were done during the period from the neck node differential stage to the early meiosis stage. Plot 3; one-time drainage treatment was done for the early meiosis stage.

As the results, the soil redox potential in plot 1 was kept at a high level of 300 mV, and the water permeability also increased to two fold volume, 48~60 mm/day, compared with the case of plot 3. The viabilities of rachis branches and healthy state of roots in plot 1 clearly increased or advanced to a desirable extent.

As to the influence on the rice yield and qualities, high yield of hulled rice was always obtained in plot 1. Occurrence rates of rice kernels in the stand period were slightly depressed by the sufficient drainage in plot 1.

Key words : Growth, Intermittent irrigation, Rice Plant, Soil redox potential, Water permeability, Yield.

水稻生育中期の排水には中干し、間断灌漑等があり、米作多収農家の基本技術として注目され、多くの研究が行われてきた。従来の実際の圃場で行われた研究では灌漑水の排水によって収量が増すのは特殊な場合であって、普通は減収する事例が多かった。泥炭地等の有機物を多く含む水田では中干しによって水稻根の活力が高まり、登熟歩合が向上し、収量が増加するという好結果が得られている。しかし中干しすることによって土壌カルシウム、マグネシウム等の溶脱が多いことが報告されている^{4,5)}。土性の異なる3種類の水田土壌を用いたポット試験で、灌漑水を減水深1日6cmで排水することによって、最も減収するのが砂質土壌で、減収の少ないのが肥沃度の高い埴土であることが確かめられている⁹⁾。また肥料の増施は減収を少なくしたり、収

量を増加させたりする効果があることが認められている¹⁰⁾。

水稻根の生育や生理に対する透水の影響について研究され、透水量がない場合よりも1日当り15mmや40mmの透水量のある方が生育が良く^{6,11,12)}、水稻冠根の根毛形成やうわ根の生育に対しても透水や間断灌水が良い結果をもたらすことが報告されている^{1,2)}。また透水性のない湿田では、還元化の進行が激しく、湿田と乾田とを比較すると、両田では根群の形貌は異なり、乾田に比べて湿田では冠根数は少なくなり、この相違は収量とも密接に関係していることが報告されている³⁾。水稻の根と地上部の生育は当然密接に関連しており、還元培地では根の呼吸量は抑制され、これに伴って地上部の光合成が低下することが報告されている。この

光合成への影響は吸水量の減少によって生ずるものと考察されている⁸⁾。

夏期の高温時には水田土壌の還元化が進行し、水稻根に生理的障害や根ぐされが発生し、激しい場合には秋落ち症状を呈し、葉身や枝梗の老化が早まる。水稻葉身では老化が認められるかなり前から葉緑体の微細構造が変化し、細胞内容物の減少が起ることが確かめられている⁷⁾。このような老化の進行は当然葉身の生理的機能にも影響しているものと考えられる。

灌漑水の排水による根の健全化は水稻の生理面では効果が認められてきたが、実際の圃場で収量増加に結びつくのは、前述のように特殊の例であって一般には収量が増加する事例は必ずしも多くなかった。この研究は水稻生育中期の水田の排水によって根が健全化し、収量が増加するかどうか検討しようとしたものである。

材料と方法

供試水田は富山市布市の常願寺川沖積の壤土質乾田で、肥沃度は中庸、減水深も20～40 mm/日の程度、灌漑水は12～16℃の低温で水量は恵まれていた。土壤断面はかなり均質で砂層までの深さは83 cm、作土の土性は全層壤土で礫はなく、腐植は含む程度で標準的な乾田であった。試験規模は3

区2連で、1区面積を64 m²に設定した。盛土して畦畔を造成し、畦畔沿いにビニールを20 cm深さまで入れて他区への漏水のないようにした。品種は晩生品種マンリョウを用い、5月下旬に栽植密度1 m² 当り18.1株、1株2～3本で成苗を移植した。試験はほぼ同様な方法で3年間継続した。

試験区の内容および排水方法、施肥方法を第1、2表に示した。この地域は冷水灌漑のため初期は夜間灌漑方法であるが、分けつ終期以降は中干しか間断灌漑か或は浅水管理であっていろいろな灌漑方法がとられてきた。生育中期の灌漑方法として、分けつ終期から減数分裂期前期までの間、数日間灌漑水を止めて、田面水を排水して中干しを3回実施する区と穂首分化期と減数分裂期前期の間同様な排水を2回実施する区、減数分裂期前期に同様な排水を1回を実施する区を設けた。施肥量は標準よりも2割程度多くし、施肥は基肥の外、追肥、穂肥2回、実肥に分けて行った。試験1年次では稲わらは無施用であったが、2年次500 kg/10 a、3年次800 kg/10 aを施用し、各年次とも土壤改良資材として珪酸石灰150 kg/10 a、溶燐120 kg/10 a、を基肥に散布した。生育後半の水管理は深さ5 cmの湛水状態になるよう努め、刈取り10日前に排水した。その他の管理面では収量に支障のないように、施肥量過剰による倒伏を防ぎ、病虫害防除を行い、高い収量水準を確

第1表 試験区の内容及び排水方法。

試験区	試験の内容	実際の排水期日		
		1年次	2年次	3年次
1区	分けつ終期排水	6/24～7/1	7/3～7/7	7/5～7/9
	穂首分化期排水	7/8～7/14	7/13～7/17	7/15～7/19
	減数分裂期前期排水	7/18～7/22	7/23～7/27	7/24～7/28
2区	穂首分化期排水	7/8～7/14	7/13～7/17	7/15～7/19
	減数分裂期前期排水	7/18～7/22	7/23～7/17	7/24～7/28
3区	減数分裂期前期排水	7/18～7/22	7/22～7/26	7/24～7/28

排水期日 6/24～7/1、6月24日～7月1日の間灌漑水を止め、表面水を排水、1年次1977年、以下2年目、3年目。

第2表 試験区の施肥。

試験区	施肥名 施肥時期	基 肥 5月下旬			追 肥 6月初旬	穂 肥 7月中旬	肥 7月下旬	実 肥 9月初旬
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O				
1, 2, 3区 共 通	施 肥 量	8	16	16	2	2	2	2

基肥は花田化成、追肥は硫安 (kg/10a)。

保するように努めた。

土壌の Eh, pH は東亜電波製 EhpH メーターを用いて測定し、Eh は2連の測定値の平均を Eh_5 で示した。減水深の測定は直径 50 cm, 長さ 45 cm のブリキ円筒を深さ 30 cm まで圃場内に打込み、2連の減水深 (mm) を測定した。なほ降雨、蒸散量を底付きの同様のブリキ円筒を用いて測定し、それらの値を用いて測定した減水深を補正した。

草丈、茎数は1区につき10株2連で調査し、葉身長、生葉数は株の中の最長稈について10株、枝梗の生存率は同じく最長稈5株をそれぞれ調査した。稲体の窒素含量は2株を乾燥粉碎後、塩入奥田法で測定し、対乾物%で表示した。根は1区2株を深さ 20 cm まで掘取り、水洗いして観察した。

収量調査は1区当たり 3.3 m² のわら重、籾重、玄米重を測定し、kg/10 a で表示した。枝梗の生存率は株の中の最長稈5株の穂を用い、その枝梗を葉緑素を保持している緑色生存枝梗と黄化し枯れ上った枯死枝梗とに分け、それぞれの枝梗長を測定し、生存枝梗長割合を百分率で表わした。胴割粒発生率は上述の穂を用い、先端部、中央部、下方部に3等分して胴割粒を調査し、粒数比率で示した。玄米の粒厚分布、完全粒割合、搗精歩合の調査は食糧事務所の慣例の方法に従った。

結果と考察

1. 排水に伴う土壌の Eh, pH, 減水深の変化

試験区1の分けつ終期の排水は6月末から7月初旬であるが、この時期は梅雨中であり、数日間灌漑を止め排水しても表面水がなくなるのは1か2日間

第1図 生育に伴う土壌の酸化還元電位 (Eh_5) の変化 (2年次)。
丸: 試験区 1, 四角: 試験区 2, 三角: 試験区 3, 測定層位 7~15 cm。

で、土壌に亀裂が生じるまで乾くことはなかった。試験区1, 2の穂首分化期の排水は7月中旬の時期で、天候は良く、排水処理2~3日で田面水がなくなり、さらに1~2日で亀裂が生じ、下層土壌の Eh は +270 mV の酸化状態になった (第1図)。試験区1, 2, 3の減数分裂期の排水は7月下旬で気温は高く、日照時間も多いため排水の効果が充分あった。試験区1は前に2回排水をしているので2~3日の経過で土壌に大きな亀裂が発生したが、初めて排水した試験区3では亀裂は発生しなかった。土壌の Eh は排水回数の多い試験区1では速くしかもその電位が 300 mV 程度に高くなり酸化状態に達し、湛水後でも長く酸化状態を維持していることが明らかになった。

土壌表面の亀裂の幅は3回排水の試験区1で1~1.5 cm に発達した。土壌 Eh は表層 0~7 cm と下層 7~15 cm で異なり、表層に比べ下層の酸化還元電位は低く、下層は酸化状態に变りにくく、また湛水すると還元状態に戻り易かった。根を健全にするには下層を酸化状態に維持することが重要とされている⁸⁾が、排水3回の試験区1では下層がより酸化的になった。

土壌 pH の推移は排水処理の回数による相違はなく、6月末から7月末の時期に pH 6 から 5 と酸性の方向に変化した。

圃場の減水深は生育初期の段階では 20~30 mm/日、分けつ終期では 15~20 mm であった。排水処理終了後減数分裂期では試験区1で 48~60 mm, 試験区2で 28~40 mm, 試験区3で 20~30 mm であった。このことから排水は土壌の酸化状態の維持には効果があるが養分の流亡を増すものと考えられる (第3表)。

第3表 排水処理による減水深の変化。

試験年次	試験区	第1回排水後	第2回排水後	第3回排水後
1年次	1	24	—	60
	2	(20)	—	28
	3	—	—	20
2年次	1	30	40	60
	2	(15)	39	40
	3	(15)	(19)	30
3年次	1	45	53	48
	2	(21)	29	39
	3	(21)	(27)	26

減水深 mm/日, () 排水処理しないで測定した値。

第4表 生育調査.

試験年次	試験区	6/12~6/15		6/19~6/30		7/2~7/9		7/17~8/6	
		草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数	草丈	茎数
1年次	1	34.4	14.6	42.7	22.4	62.4	25.5	74.5	24.3
	2	35.5	16.9	43.3	22.5	62.7	26.2	73.8	24.3
	3	35.4	16.2	42.7	22.4	59.2	26.0	71.0	23.0
2年次	1	32.5	11.9	38.9	21.6	50.0	25.5	70.4*	23.4
	2	30.7	9.7	37.6	17.0	46.7	22.3	67.2	21.4
	3	31.0	9.7	37.7	17.6	47.8	22.0	66.5*	21.8
3年次	1	27.8	11.9	51.3	18.3	61.4	18.9	96.1	17.8
	2	22.8	10.5	49.7	17.3	61.5	17.8	93.0	16.5
	3	28.0	12.1	50.4	18.9	61.0	19.1	88.6	17.8

草丈 cm, 茎数 本/株, * 5%水準有意差あり, 2年次試験区3と1の草丈.

第5表 収穫時枝梗の生存率.

試験年次	試験区	主 幹 本 数	全 枝 梗 本 数	枝 梗 全 長	生 存 枝 梗 長	枯 死 枝 梗 長	枝 梗 生存率
2年次	1	5	43	320.7	178.4**	142.3	55.6
	2	5	50	330.5	134.5**	196.0	40.6
	3	5	42	355.5	116.5**	239.0	32.8

枝梗長 cm, 枝梗生存率 %, 生存枝梗長/枝梗全長×100.

** : 1%水準有意差あり, 試験区3と2・1の生存枝梗長.

第2図 生育に伴う稲体の窒素含量 (1年次).

丸: 試験区 1, 四角: 試験区 2, 三角: 試験区 3, N 含量有意差なし.

2. 水稻生育に及ぼす影響

1年次の試験では水稻の分けつ確保が早く分けつ数も多く, 分けつ終期の排水によって, 弱小分けつの発生の抑制が認められたが, 分けつの発生が遅れて分けつ数の少ない他の年次では排水は分けつ発生に抑制的な影響を与えなかった. 分けつ終期の排水の草丈に及ぼす影響は生育後半の時期に草丈を伸長させる状況だった. 穂首分化期, 減数分裂期の排水の草丈, 茎数に及ぼす影響はほとんど認められなかった (第4表).

出穂時の生葉数は減数分裂期前期の1回排水の試験区3では4.5枚であったが, 3回排水の試験区1では5.5枚であった. 生葉数が多いことは登熟期間の同化量に好影響を与えるものと考えられる. 収穫時の枝梗の枯上りは排水回数の増加によって明らかに少なくなった. 排水1回の試験区3では枝梗生存率は32%であったが, 排水3回の試験区1では56%であった (第5表). 枝梗生存率が高いということは同化産物の転流機能が遅くまで維持されていることを表していると考えられる.

稲体の窒素含量に対する水管理の影響をみると, 排水直後窒素含量はやや低下の傾向はあるが, その後は一定の傾向は認められなかった (第2図).

根の観察は減数分裂期前期の排水終了時と収穫時の2回行った. 排水終了時では, 排水3回の試験区1は褐色根が大部分で白色根が少量含まれ, 根群中に0.5 cmの拡がり根が黒色に変化した部分が2~3か所存在した. 排水2回の試験区2では褐色根の割合が減少し, 白色根が多くなり, 根元に2~3 cmの拡がりの黒色部分が存在した. 排水1回の試験区3では褐色根は少なく, 白色根が大部分であり, 株元全体に根元から3~5 cmわたって黒色部分が発生していた. ここで褐色根というのは太

第6表 収量調査.

試験年次	試験区	わら重	粃重	玄米重	屑米重	千粒重	収量比
1年次	1	773	791	643	2.5	21.6	102.3
	2	736	787	641	1.2	22.2	102.0
	3	703	776	628	1.8	21.9	100.0
2年次	1	860	855*	689*	3.9	23.5	104.5
	2	835	835	677	4.5	23.6	102.6
	3	810	805*	657*	1.9	23.4	100.0
3年次	1	774	763	607*	3.8	22.3	105.1
	2	791	751	603	2.3	23.1	104.4
	3	761	718	577*	2.7	22.5	100.0

わら重 収量等 kg/10a, 千粒重 g, 収量比 %.

*: 5%水準有意差あり, 2年次試験区3と1の粃重・玄米重, 3年次試験区3と1の玄米重.

第7表 立毛中の胴割粒発生率.

試験年次	試験区	先端部	中央部	下方部	穂内の発生率(%)
2年次	1	1/135	0/202	0/118	0.2*
	2	3/147	3/198	0/138	1.2
	3	4/154	3/180	0/138	1.5*

5穂を先端部, 中央部, 下方部の3つに分ける.

胴割粒発生率: 胴割粒数/調査粒数.

*: 5%水準有意差あり, 試験区3と1の穂内の胴割粒発生率.

く, 根毛が多く, 褐色で健全な根であり, 白色根は若い白色の根であり, 黒色根は土壌の還元状態で黒変し悪臭のある根である. 収穫期においても各試験区の根の状態は減数分裂期と変わりなく, 排水回数が多い試験区が優った.

3. 水稻収量品質に及ぼす影響

収穫物に及ぼす水管理の影響をみると排水回数が多い区でわら重がやや大きく, 粃重, 玄米重についてもわら重と同様な傾向で, 特に稲わらを施用した年次にこの傾向がはっきりしていた. 屑米重, 千粒重, 粃摺歩合に及ぼす排水の影響は明らかでなかった. 1年次には稲わら施用はなく, 2, 3年次に500, 800 kg/10 a の稲わらを施用しており, 2, 3回排水による収量の増加割合の影響は1年次では2%と少なかったが, 稲わらを施用した2, 3年次では4~5%と大きく, 1回排水の試験区3との間に有意差が認められた(第6表).

玄米の品質として立毛中の胴割粒の発生, 玄米の粒厚分布, 完全粒割合, 搗精歩合を調査した. 胴割粒の発生は生存枝梗率の高い排水3回の試験区1にはほとんど認められていないが, 排水1回の試験区3では1.5%程度で排水回数が少くなると, 胴割発生率は増加する傾向があった(第7表). その他に

ついてははっきりした影響は認められなかった.

引用文献

- 川田信一郎・石原 邦 1960. 透水の有無と水稻冠根における根毛形成との関係. 日作紀 29: 345—349.
- ・副島増夫 1977. 水稻におけるうわ根の形成と水管理の関係について. 日作紀 46: 24—36.
- ・片野 学・山崎耕宇 1977. 水田における根群の形態形成について, とくに湿田乾田に着目した場合の一例. 日作紀 46: 261—268.
- 瀧嶋康夫 1959. 泥炭地水田土壌に関する研究(第13報) 排水処理が水稻生育, 雑草群落の変化に及ぼす影響. 土肥誌 30: 259—262.
- ・今野喜一 1959. 泥炭地土壌に関する研究(第14報). 排水処理が土壌成分の代謝並に溶脱に及ぼす影響. 土肥誌 30: 341—344.
- 田中市郎・野島数馬 1960. 水田における透水が水稻の生育に及ぼす影響(第2報). 水田の透水量の多少が水稻の生育収量, 土壌中の $\text{NH}_3\text{-N}$, H_2S , free CO_2 等に及ぼす影響. 日作紀 29: 392—394.
- 長南信雄・川原治之助・松田智明 1977. 水稻葉身の老化に伴う葉体の微細構造変化. 日作紀 46: 379—386.
- 津野幸人・鳥生誠二 1987. 水稻根の呼吸阻害が光合成作用におよぼす影響. 日作紀 56: 512—520.
- 中西秋四郎・沖村逸夫・西尾房治 1967. 水田土壌の透水性に関する研究(第1報). 透水処理が水稻の収量及び養分吸収に及ぼす影響について. 愛知農試集

- 報 22:49—54.
10. ————— 1967. 水田土
壤の透水性に関する研究 (第2報). 排水土壌におけ
る3要素の増量効果と無機養分の溶脱について. 愛
知農試彙報 22:55—64.
11. 野島数馬・田中市郎 1960. 水田における透水が水稻
の生育に及ぼす影響 (第1報). 水田の透水時期が水
稻の生育収量および水中溶存 O_2 , free CO_2 , 硫化物
等に及ぼす影響. 日作紀 29:341—344.
12. 松尾英俊・佐藤雄夫 1960. 水田土壌の透水性につい
て. 土壌の物理性 3:3—8.
-