

酸素発生剤を用いない湛水土壤表面直播栽培の出芽苗立ち評価

内村要介*・佐藤大和・松江勇次

(福岡県農業総合試験場)

要旨:さらなる省力, 低コストの水稻直播栽培に適する品種育成のため, 酸素供給剤を粉衣しない種籾の出芽苗立ち安定化についての基礎的知見を得る目的で, 72 品種を供試して湛水土壤表面直播栽培を行い, 出芽苗立ち特性の優れる品種の評価および圃場中の水温と溶存酸素濃度の測定を行った. 播種後 14 日間の圃場中の水中の溶存酸素濃度は約 4.7~11.6 mg L⁻¹ (飽和量の約 50%~過飽和), 水温は日平均 21.8~29.0 °C で推移し, 水稻種子の発芽, 根の伸長に問題はほとんどなかった. 供試した 72 品種はすべて発芽率が 80%以上あったにもかかわらず, 播種 14 日後の出芽率は 0~89%の変異幅が認められた. 出芽率が 80%以上と出芽能力が優れた 11 品種が認められ, そのうち 8 品種の譜系図に旭または朝日が認められた. 転び苗および浮き苗の発生率については 4%~61%の変異幅が認められた. 出芽能力が優れた 11 品種において, 出芽率と転び苗および浮き苗の発生率との間には相関関係は認められず, 出芽率が 80%以上で転び苗および浮き苗の発生率が 10%以下の苗立ちが優れた品種, 神力, はえぬき, どまんなが認められた. 出芽率の高い品種は, 千粒重が重く, 比重 1.1 以上の割合が高く, 初期生育が優れた. 転び苗および浮き苗の発生が少ない品種は, 種子の比重が 1.1 以上の割合が高く, 種子根の平均伸長速度が遅かった. これらの知見は, 酸素供給剤を用いない省力, 低コスト直播栽培で出芽苗立ちを安定化させる水稻品種育成のための交配母本選定に当たり有効な情報になるものであった.

キーワード:浮き苗, 転び苗, 直播栽培, 出芽苗立ち, 水温, 水稻, 品種, 溶存酸素濃度.

水稻直播栽培は, 移植栽培の育苗, 移植にかかわる春期の労働時間と生産費を低減する技術として期待が高い. しかし, 直播栽培は出芽苗立ちが不安定になりやすく, そのため作柄の変動が機械移植栽培に比べて大きくなる問題が起きている. 出芽苗立ちの安定化技術として, 塩水選による充実が良好な種子の選抜 (松島ら 1991), 酸素供給剤の粉衣 (三石 1975, 中村 1976), 適正な播種深度での播種 (三石 1975) および出芽時の落水 (三石 1975, 田中ら 1999) が確立されている. これらの技術は, 出芽苗立ちの安定化にいずれも効果が認められるが, 特殊な資材や機械, 精度の高い技術力を必要とし, 多少なりとも労力, 生産費がかかる. このような技術を用いることなく, 湛水土壤に種籾をそのまま播種して出芽苗立ちが安定する品種が育成されれば, 従来よりさらなる低コスト, 省力的な直播栽培が可能になる. しかし, このような栽培方法で出芽苗立ちが優れ, 収量および食味が優れる市場価値の高い品種は, 生産者や実需者から強く要望されているがまだ育成されていない.

直播栽培の出芽苗立ちは, 温度 (佐々木・山崎 1971), 酸素濃度 (小野寺 1937) および土壤条件 (萩原ら 1990) など環境条件に影響されやすい. そのため, 北部九州において播種時期の圃場の水温と水中溶存酸素濃度を明らかにし, 直播栽培に適する形質の評価を行うことは, 北部九州で直播適応性の高い品種の選定, 育成を行ううえで重要である. しかしながら, 北部九州において直播圃場の水温と水中の溶存酸素濃度の日変化を測定し, 水稻直播栽培における出芽苗立ちの品種間差を検討した報告はない. 酸素供給剤を用いない湛水土壤表面直播は, 水稻生産において低

コスト, 省力化を図るために有望な技術であるとともに, 直播品種育成の面からみて重要な形質である水中での出芽特性, 高水温下における苗立ち低下の原因となる浮き苗や転び苗の発生 (佐々木・山崎 1971) の評価ができるものである.

そこで, 本実験では, 北部九州における超省力, 低コスト直播栽培技術の確立において, 出芽, 苗立ちからみた直播適応性が高い品種育成のための基礎的知見を得る目的で, 酸素発生剤を粉衣しない種籾を湛水土壤表面に直播し, 圃場の水温と水中の溶存酸素濃度を測定するとともに, 日本型品種を中心とした水稻品種の出芽苗立ち性の評価と選抜を行った.

材料と方法

試験は 1999 年に, 福岡県農業総合試験の砂壤土水田圃場で行った. 福岡県農業総合試験場で保存している日本種 62 品種と外国種 9 品種の 72 品種を供試した (第 1 表). 発芽勢と発芽率は, シャーレに種籾を 100 粒ずつ入れて蒸留水 10 mL 加え 30 °C のインキュベートで, それぞれ置床後 4 日, 7 日に種籾から幼根が認められる個体数を調査して算出した. 発芽率は 90%以上が 65 品種, 90~80%が 7 品種であった. 種子根の平均伸長速度は, 発芽勢調査時に種子根長を測定して 1 日当たりの伸長速度を算出して表した. 播種後から発根するまでにかかる時間は無視するものとした. 千粒重は 30 g の粒数を調査して算出した. 種籾の比重は, 塩水選で約 100 粒を調査した. 発芽勢, 発芽率, 千粒重および比重選の調査はいずれも 2 反復とした. 播種は, 唐箕選を 2 回行った乾籾を, 2 日前に代かきして

第1表 酸素供給剤を用いない湛水土壤表面直播における出芽率, 転び苗と浮き苗の発生率および旭との近縁係数.

品種名	採種年	出芽率	転び苗および浮き苗発生率	旭との近縁係数	品種名	採種年	出芽率	転び苗および浮き苗発生率	旭との近縁係数
	年	%	%			年	%	%	
チヨニシキ	1998	89	55	0.155	ササニシキ	1998	56	51	0.313
神力	1998	88	4	0	黄金晴	1998	63	12	0.135
朝日	1998	87	16	1.000	ハヤツクシ	1998	61	27	0
アキツホ	1996	85	16	0.184	日本晴	1998	62	14	0.180
吉備の華	1998	83	47	0.678	銀坊主中生	1998	57	6	0
はえぬき	1996	83	5	0.245	冷水	1998	57	9	0
どまんなか	1998	81	9	0.186	亀の尾	1998	54	40	0
西海 232 号	1998	81	24	0.130	ホウヨク	1998	61	12	0
農林 18 号	1998	81	18	0	西海 238 号	1998	59	20	0.100
ベニセンゴク	1998	81	18	0.125	コシヒカリ	1998	57	55	0.125
アリアケ	1998	75	19	0.625	夢つくし	1998	58	27	0.112
シラヌイ	1998	81	15	0	キヌヒカリ	1998	56	16	0.100
愛国	1998	68	26	0	M302	1996	54	21	0 0
金南風	1998	78	33	0.063	ネパール	1998	53	17	—
#53	1998	78	19	—	ムラサキイネ	1998	53	22	0.107
旭	1998	77	13	1.000	ミネアサヒ	1998	52	35	—
トヨニシキ	1998	73	7	0.203	宮崎在来	1998	49	4	—
農林 1 号	1998	73	16	0	赤蔭	1998	47	10	—
サトホナミ	1998	74	9	0.258	西海 242 号	1998	50	12	0.130
ユメヒカリ	1998	73	16	0.121	ヒノヒカリ	1998	48	13	0
レイハウ	1998	73	32	0.094	Lemont	1996	44	20	0.203
#38	1998	69	23	—	ハヤユタカ	1998	42	13	0.110
中手新千本	1998	69	7	0.500	ほほえみ	1998	39	7	—
藤坂 5 号	1998	63	15	0.063	東福寺	1993	31	48	—
ヤマハウシ	1998	72	7	0.203	芹田-2	1993	26	21	0
雄町	1998	72	33	0	Blue-belle	1993	23	25	0
アケボノ	1998	73	22	0.500	篠ノ井	1993	23	42	0.124
宝	1998	70	61	0	どんとこい	1997	12	20	0
陸羽 132 号	1998	59	24	0	Haw	1993	3	—	0
#76	1998	69	17	—	IR24	1993	2	—	0
森田早生	1998	64	8	0	IR36	1993	2	—	0
農林 22 号	1998	69	10	0.250	IR661	1993	1	—	—
あきろまん	1998	68	14	0.304	宮嶋	1993	1	—	0
ニシホマレ	1998	67	16	0.098	IR50	1993	1	—	0.125
ツクシホマレ	1998	67	9	0.102	あそみのり	1996	0	—	—
ミルキークイン	1998	63	32	0.125	参) Arroz da Terra	—	87	8	—
つくし早生	1998	64	20	0.174					

#53, #38, #76 は系統番号を示す.

前日に落水して潤土状態にした圃場に6月3~4日に行った。乾粃を約2cm間隔で土壤表面に条播し、種粃が浮いて移動しないように土中に埋没しない程度に指で軽く押さえた。1区につき60粒を条播し、3区制とした。なお、比

較品種として苗立ちが優れる外国品種 Arroz da Terra (井上ら 1988) 30粒を同法で播種した。播種後直ちに水深3cmの常時湛水状態とした。出芽率、浮き苗、転び苗、葉齢および根数の調査は、播種14日後落水して行っ

た。出芽率は葉齡が1以上の個体、転び苗は地上部が約30°以上傾いていた個体、浮き苗は完全に倒れているか種籾が地表から1 cm以上離れて根がたこ足状になっている個体の数を調査し、出芽個体数当たりの転び苗と浮き苗率を算出した。旭との血縁関係を示す近縁係数の解析は、水田ら（1996）が作成した計算プログラムを用いて計算した。播種日から14日間の試験圃場の水温の測定は、KADEC データロガーを用いて湛水状態の土壤表面0 cmの3地点を1時間ごとに測定した。気温は試験圃場から最寄りの太宰府市の気象庁アメダスのデータを利用した。なお、気温の平年値は同データの1979年から1998年の20年間の平均値を用いた。同期間の試験圃場の水中の溶存酸素濃度は、午前6時から午後6時にかけて圃場の決まった2カ所の土壤表面付近から採水して、ウィンクラー・アジ化ナトリウム変法（日本分析化学会北海道支部 1994）に準じて測定した。なお、溶存酸素濃度の調査は、貯水池か

ら引水している直播き試験圃場の播種後14日間と用水路から引水している機械移植栽培圃場（6月17日移植）の移植後14日間行った。

結 果

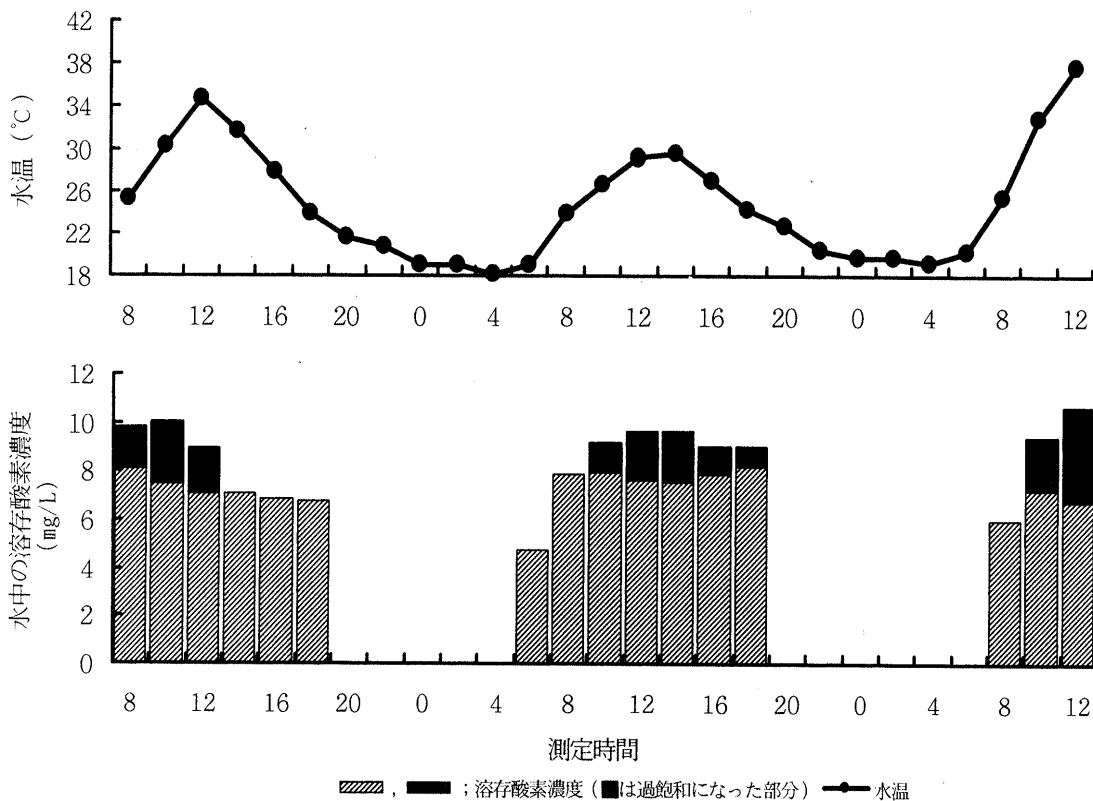
1. 圃場の気温、水温および水中の溶存酸素濃度

湛水圃場の気温、水温および水中の溶存酸素濃度を第2表に示した。播種日（6月3日）から14日間の平均気温は23.4°Cで平年より1.9°C高く推移し、平均最高気温28.3°C、平均最低気温19.3°Cが観測された。同期間の平均水温は25.2°C、平均最高水温29.0°C、平均最低水温は21.8°Cでいずれも気温を上回った。日変化をみると、水温は日中が朝晩より高く、播種7日後の午後1時に最高水温37.8°C、播種5日後の午前4時に最低水温16.9°Cが観測された。一方、溶存酸素濃度についてみると、同期間の試験圃場の水中では平均8.5 mg L⁻¹、最高11.6 mg L⁻¹

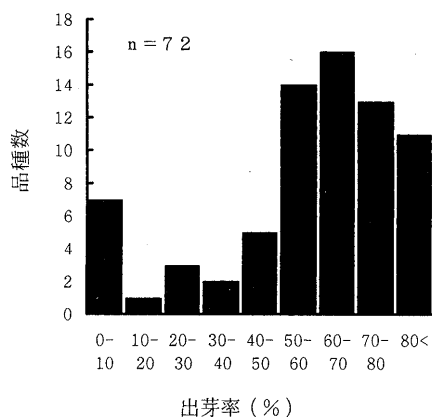
第2表 水稲圃場の溶存酸素濃度、水温および気温。

測定圃場	水温 (°C)			気温 (°C)			溶存酸素濃度 (mgL ⁻¹)		
	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低
A 圃場	25.2	29.0	21.8	23.4	28.3	19.3	8.5	11.6	4.7
B 圃場	23.3	27.0	20.5	22.3	25.7	19.5	8.0	10.5	4.8

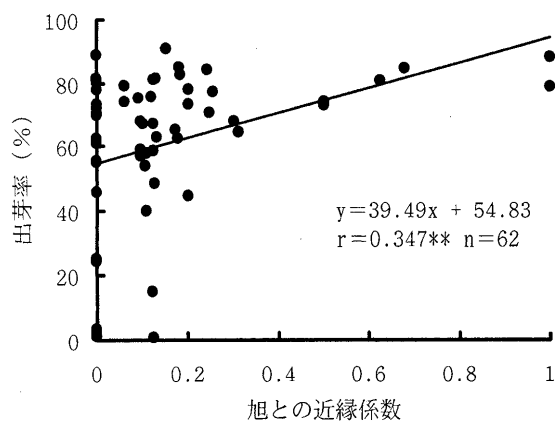
A 圃場；播種（6月3日）後14日間の測定値。貯水池から引水。
 B 圃場；移植（6月17日）後14日間の測定値。用水路から引水。
 いずれも日平均値。



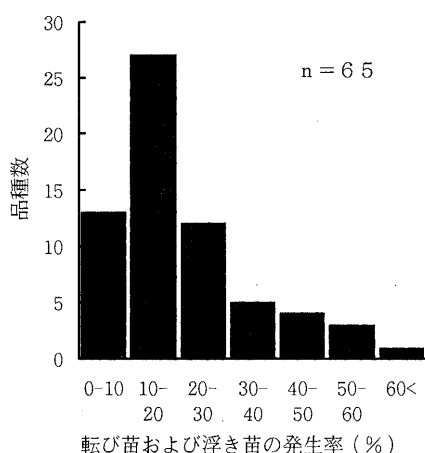
第1図 直播栽培圃場の溶存酸素量と水温の日変化。
 6月8～10日（播種後4～6日）の調査。



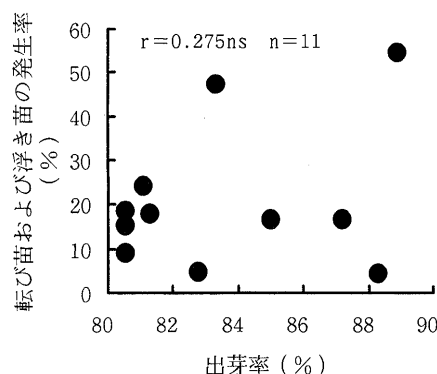
第2図 酸素供給剤を用いない湛水土壌表面直播における出芽率の品種間変異。



第3図 出芽率と旭に対する近縁係数との関係。
**: 1%水準で有意。



第4図 酸素供給剤を用いない湛水土壌表面直播における転び苗および浮き苗の発生率の品種間変異。



第5図 出芽能力が優れる品種の出芽率と転び苗および浮き苗の発生率との関係。

および最低 4.7 mg L^{-1} であり、水源が異なる別の圃場の水中においてもほぼ同程度の溶存酸素濃度が観測された。日変化をみると、試験圃場の水中の溶存酸素濃度は日中が朝晩より高く、日中は過飽和状態になっていることが認められた(第1図)。播種後14日の試験圃場の土壌表面は、糸状の藻が土壌表面積の約10%を覆うように発生しているのが観察された。圃場から採水した水約5mL中には、植物プランクトンのミカヅキモ、ボルボックスが数個体観察された。土壌の還元は、作土層の土の色に変化がないことが観察されたことから、発生していないと判断した。

2. 品種の出芽苗立ち特性の評価

供試した72品種はすべて発芽率がシャーレ上で80%以上あったにもかかわらず、播種後14日の出芽率は、0~89%の変異幅が認められた(第2図)。出芽率80%以上の高い出芽能力を示した11品種が認められた(第2図、第1表)。出芽能力の高かった11品種のうち8品種は譜系図に旭または旭から純系選抜した朝日が認められた(第1表)。旭との近縁係数の計算が可能であった62品種において、近縁係数と出芽率との間には $r = 0.358^{**}$ の正の相関関係が認められ、旭との近縁係数が高い品種は出芽率が高い傾向が認められた(第3図)。外国品種の出芽が良好な

品種はM302で、出芽率は55%であった。一方、苗立ち率を低下させる原因である転び苗および浮き苗の発生率は、出芽率10%以上を示した65品種を調査した結果、4%~61%の変異があり、発生率が10%以下と低く良好な苗立ちを示す13品種が認められた(第4図、第1表)。外国品種においては、M302が24%認められたが、種子根がらせん生長を行うため苗立ち率が優れるArroz da Terra(井上ら1998)は浮き苗の発生はなく、転び苗率が8%と少なく苗立ちが優れた(第1表)。出芽率が80%以上の高い出芽能力を示した11品種において、出芽率と転び苗および浮き苗の発生率との間に関係は認められなかった(第5図)。そのため、出芽率が80%以上の高い出芽能力を示し、浮き苗および転び苗の発生率が10%以下の苗立ちが優れる品種、神力、はえぬき、どまんなかが認められた。

3. 出芽率と農業形質との関係

供試した72品種において、播種後14日の出芽率が高い品種は、千粒重が重く、発芽勢が優れ、比重1.1以上の充実が良好な種粒の割合が高いことが認められた。また、出芽率が高い品種は、播種14日後の根数、茎長および葉齢からみた初期生育が優れた(第3表)。

第3表 酸素供給剤を用いない湛水土壤表面直播における出芽率と農業形質との相関。

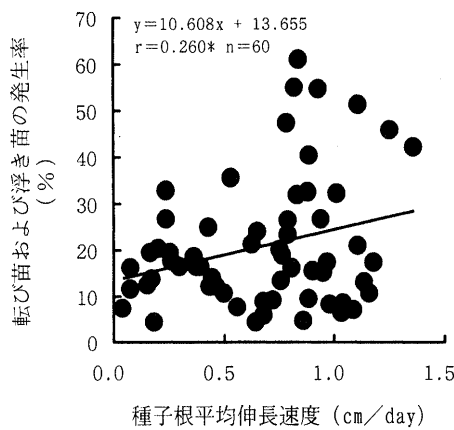
千粒重	発芽勢	種粒の比重選		根数	茎長	葉齡
		1.1 以上 種粒率	1.2 以上 種粒率			
0.316 **	0.477 **	0.371 **	0.220	0.551 **	0.428 **	0.251 *

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意。

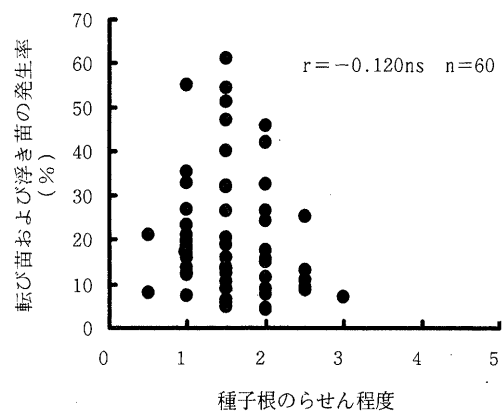
第4表 酸素供給剤を用いない湛水土壤表面直播における転び苗および浮き苗の発生率と農業形質との相関。

千粒重	発芽勢	種粒の比重選		種子根の			
		1.1 以上 種粒率	1.2 以上 種粒率	平均伸長 速度	根数	茎長	葉齡
-0.125	-0.061	-0.289 *	-0.215	0.260 *	-0.113	0.229	-0.099

** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意。



第6図 酸素供給剤を用いない湛水土壤表面直播における種子根の伸長速度と転び苗および浮き苗の発生率との関係。
* : 5%水準で有意。



第7図 種子根のらせん生長の観察評価値と転び苗および浮き苗の発生率。
種子根のらせん程度は、Arroz da Terrを強(4.0)、コシヒカリを弱(1.0)として、観察により極強(5.0)~無(0)の6段階評価した。

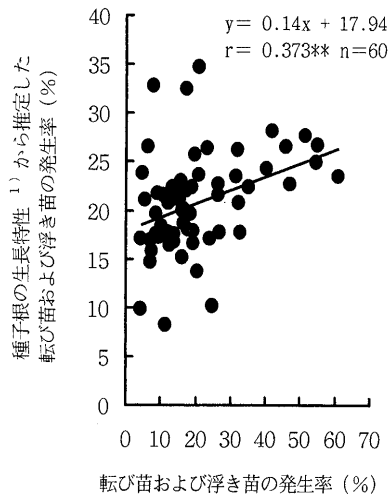
4. 転び苗率、浮き苗率と農業形質との関係

転び苗および浮き苗の発生率と農業形質の関係を、播種後14日の出芽率が10%以上の65品種について調査した(第4表)。転び苗および浮き苗と相関が高かった農業形質は、種粒の比重と種子根の平均伸長速度のみであった。転び苗および浮き苗の発生率が低かった品種は、比重1.1以上の充実が良好な種粒の割合が高く、種子根の平均伸長速度が遅かった(第6図)。湛水土壤表面直播において苗立ちに有利な形質である種子根のらせん生長程度は、本実験においてArroz da Terraより強い品種は認められず、品種間の変異が小さかった。そのため、種子根のらせん生長程度と転び苗および浮き苗の発生率との間の関係は明らかではなかった。しかし、種子根のらせん生長が比較的強い品種は、転び苗および浮き苗の発生率が比較的低い傾向が認められた(第7図)。一方、種子根のらせん生長程度がほとんどないにもかかわらず、転び苗および浮き苗の少なかつた品種は、種子根の伸長が遅いことが観察された。そ

こで、種子根の生長特性に着目し、種子根の平均伸長速度とらせん程度を説明変数、圃場での転び苗および浮き苗の発生率を目的変数として重回帰分析を行ったところ、1%水準の相関関係が認められた(第8図)。

考 察

水稲直播栽培において出芽苗立ちが低下する環境要因は、低温(注:農研センター特別研究試験成績書1987)、低酸素(三石1975)および土壤還元(萩原ら1990)が明らかにされている。北部九州の直播の播種期である6月1半月において、水温は、安定した苗立ちを得る日平均水温17℃(青木ら1988)を8℃以上上回り、圃場の水中の溶存酸素濃度は、種子根が伸長するのに必要な4mg L⁻¹以上(三石1975, Won and Yoshida 2000)が日中十分に存在することを明らかにした。圃場の水中の溶存酸素濃度



第8図 種子根のらせん程度および平均伸長速度と転び苗および浮き苗の発生率との関係。

1) 種子根のらせん生長程度と平均伸長速度。

** : 1%水準で有意。

が日中は過飽和状態になることは、大気と圃場の水の接点が大きくガス交換が十分に行われていること、また、本実験で観察された糸状の藻や植物プランクトン等による生物化学的な炭酸同化作用によって発生する酸素(半谷・小倉 1995, Chapman and Peterson 1963)量が、水稻種子や他の生物の呼吸による酸素消費量より大きく、試験圃場の水中に積極的な酸素の供給が行われ、発生した酸素が水中にとどまっているためと考えられた。これらのことから、北部九州の6月1半旬の水温と水中の溶存酸素濃度は、本実験からみて、湛水土壤表面直播の水稻種子の出芽、種子根の伸長にあまり問題ではないことが明らかになった。

しかし、出芽率は、温度と酸素量が十分ある水中条件下において、発芽率が80%以上の品種を供試したにもかかわらず、著しい品種間差が認められた。出芽率が高い品種は、千粒重が重く、比重が1.1以上の充実が良好な種籾の割合が高く、初期生育が優れた。水稻種籾の粒重と出芽能力は同一品種内においても穂上位置により差が認められている。粒重は、玄米千粒重からみて最上位枝梗の優勢穎花が重く、下位枝梗の劣性穎花が軽い傾向がある(松江・尾形 1999)。一方、出芽能力についてみると、1穂内で粒重の重い位置は発芽力が旺盛な位置と一致する。粒重が重い優勢穎花は、発芽歩合が高く、平均発芽日数が短く、幼芽や幼根の発育が優れ、成苗歩合が高い。逆に、下位枝梗の劣性穎花は、発芽能力が著しく劣る(長戸・菅原 1950)。これらのことから、出芽率が高かった品種は、粒重が重く充実が良好で発芽能力が高い優性穎花の割合が高かったと推測される。そのため、育種においては、1次枝梗籾着生優勢型の品種育成が必要と考えられる。

一方、発芽率が80%以上あるにもかかわらず出芽率が10%以下と著しく低かった品種が認められた。これらの品種は、すべて採種年が1998年より以前の古い種子であった。Crocker and Harrington (1918)は、ジョンソング

ラスの種子で、発芽力が衰えなくても年月が経つとカタラーゼ活性が低下することを明らかにしている。水稻種子の発芽において、根のカタラーゼ活性は高温土壤中での品種の苗立ち率と比例的な関係がある(笹原・阿部 1992)。一方で、水中発芽において水稻種子のカタラーゼ活性は著しく阻害されることが認められている(Erygin 1936)。これらのことから、本実験で出芽率が著しく低かった品種は、種子の老化と水中での発芽条件によりカタラーゼ活性が著しく低下したため、出芽率が著しく低下したと推測される。

転び苗および浮き苗については、本実験で供試したすべての品種に認められ、苗立ち率の低下の原因となった。しかし、出芽率が優れ、転び苗および浮き苗の発生が少ない品種、神力、はえぬき、どんとこいが認められた。

転び苗や浮き苗が発生するのは、水中で種子または苗に浮力がかかるため、種子根端が土壤に貫入する力が減少するためである(三石 1975)。このため、苗立ちの安定化のために種子をコーティング資材で重くするか、酸素供給剤を粉衣して土中に播種することを余儀なくされていた。しかし、井上ら(1998)は、種子根のらせん伸長が苗立ちに重要な形質であることを明らかにし、特別な資材を用いなくても種子根がらせん生長を行い苗立ち率が優れる外国品種 Arroz da Terra を見いだしている。本実験においては、Arroz da Terra より種子根のらせん生長程度が強い品種は認められず品種間の変異が小さかったため、種子根のらせん生長程度と転び苗および浮き苗の発生率との間の関係は明らかではなかった。一方で、種子根の平均伸長速度は、転び苗および浮き苗の発生率との間に有意な相関関係が認められた。このことについて井上ら(1998)は、低温では種子根のらせん生長性が浮き苗に関係深い重要な形質であるが、20℃以上の比較的高い水温では、種子根の速い伸長が浮き苗の発生に負の要因になるとしている。本実験の播種後14日間の平均水温は25℃以上あり、種子根の平均伸長速度が比較的速度い品種は、転び苗および浮き苗の発生率が高かったため、井上ら(1998)に基づく結果であった。温暖な北部九州において、転び苗および浮き苗の発生が少なく苗立ち率が良好な品種を育成するためには、種子根の伸長生長に着目し、らせん生長程度と平均伸長速度を評価することが必要であると考えられる。

出芽苗立ちが優れる品種の育成を効率的に行うため、近縁係数からみた遺伝的背景の考察を行った。その結果、湛水土壤表面直播きにおいて出芽率が良好であった品種は、旭との近縁係数が高い傾向が認められた。一方、転び苗および浮き苗の発生の品種間の変異は遺伝的な差による原因が大きいと考えられる(井上 1997)が、本実験で転び苗および浮き苗の発生が少なく苗立ちが優れる品種には、近縁係数からみた遺伝的背景において特定の品種は認められなかった。このことは、湛水直播栽培で苗立ちに有効な形質である種子根のらせん生長や高温下でも土壤の物理刺

激によって種子根の伸長がわい化する能力 (井上 1998) などを現在機械移植栽培している良食味品種に導入, 集積していくことで, 苗立ちの優れる直播適応性の高い良食味品種が育成できる可能性を示唆している。

これらの知見は, 今後, 酸素供給剤を用いない超省力, 低コスト直播栽培で出芽苗立ちを安定化させる水稻品種育成のための有効な情報になるとともに, 直播栽培で出芽苗立ちの評価技術を確立するための有効な材料としての可能性を示唆するものであった。

現在, 本実験で出芽または苗立ち率が優れたはえぬき, 神力等の日本型品種と良食味で直播適性の低い品種との交配を行い, 出芽苗立ちの優れる良食味品種の選抜・育成を行っているところであり, いずれ報告する機会を持ちたいと思う。

引用文献

- 青木岳夫・荒井忠夫・大和田輝昌・山口正篤 1988. 湛水直播栽培における出芽苗立・播種期及び肥培管理法. 栃木農試研報 35: 9-20.
- Chapman A.L. and M.L. Peterson 1963. Effect of dissolved oxygen supply on seedling establishment of water-sown rice. *Crop Sci.* 3: 392-397.
- Crocker, W. and G.H. Harrington 1918. Catalase and oxidase content of seeds in relation to their dormancy, age, vitality, and respiration. *J. Agr. Res.* 15: 137-174.
- Erygin, P.S. 1936. Change in activity of enzymes, soluble carbohydrates, and intensity of respiration of rice seeds germinating under water. *Plant Physiol.* 11: 821-832.
- 萩原素之・井村光夫・三石昭三 1990. 酸素発生剤を被覆した水稻種籾の近傍で起こる局所土壌還元と発芽・出芽との関係. 日作紀 59: 56-62.
- 半谷高久・小倉紀雄 1995. 水質調査法 第3版. 丸善株式会社, 東京. 214-220.
- 井上直人 1997. 植物の根に関する諸問題 [52] —イネ種子根のラセ

- ン運動の生態学的意義一. 農及園 72: 77-85.
- 井上直人・荒井輝博・金漢龍・萩原素之 1998. 稲種子根のらせん生長および伸長量と湛水土壌表面直播きにおける苗立ち性との関係. 根の研究 7: 97-100.
- 松江勇次・尾形武文 1999. 栽培条件が穂上位置別の米粒のタンパク質含有率に与える影響. 日作紀 68: 370-374.
- 松島省三・神山雅之・尾形佳彦・下条哲成・石崎義幸・長尾文博 1991. 熱帯における低コスト水稻湛水直播の実際的研究. 第2報 種子の充実度が成苗歩合と収量に及ぼす影響. 日作紀 60 (別2): 81-82.
- 三石昭三 1975. 水稻の湛水直播における土壌中埋没播種に関する作物学的研究. 石川農短大特別研究報告 第4号. 1-59.
- 水田一枝・佐々木昭博・吉田智彦 1996. 近縁係数のための Prolog によるコンピュータプログラムとそのビール大麦品種の近縁関係の解析への応用. 農業情報研究 5: 19-28.
- 長戸一雄・菅原清康 1950. 穂上位置による稲種子の発芽力について (第1報) 成熟種子の発芽力. 日作紀 20: 294-295.
- 中村喜彰 1976. 湛水直播用コーティング種子の基礎的研究. 農機誌 38: 75-78.
- 日本分析化学会北海道支部 1994. 水の分析 第4版. 化学同人, 京都. 221-226.
- 小野寺二郎 1937. 稲の幼苗発育に対する酸素の影響と過酸化水素水による酸素要求程度の品種間比較に就いて. 日作紀 9: 252-287.
- 笹原健夫・阿部利徳 1992. 高温時における苗立ち率およびカタラーゼ活性の品種間差. 日作東北支報 35: 13-14.
- 佐々木喜雄・山崎信弘 1971. 水稻品種の低温発芽性と初期生育との関係. 第4報 苗立ち性との関係. 日作紀 40: 474-479.
- 田中浩平・陣内暢明・矢野敏行・原田皓二 1999. 水稻湛水直播栽培における出芽・苗立ちの安定化のための初期水管理. 日作紀九支報 65: 13-15.
- Won, J.G. and T. Yoshida 2000. Screening cultivars under low dissolved oxygen level for water-seeded rice. *Plant Prod Sci* 3: 112-113.

Seedling Establishment of Direct Seeded Rice without Coating of Oxygen-generator on the Soil Surface in Flooded Paddy Fields: Yosuke UCHIMURA*, Hirokazu SATO and Yuji MATSUE (*Fukuoka Agr. Res. Cent., Chikushino 818-8549, Japan*)

Abstract: This study was conducted to clarify seedling establishment of direct seeded rice without coating of oxygen-generator, water temperature and dissolved oxygen conditions on the soil surface in flooded paddy fields [FPF] at northern Kyushu for development of low cost and labor saving production. The mean water temperature a day during 14 days after seeding ranged from 21.8 to 29.0°C. On the other hand, the mean diurnal dissolved oxygen content in flooded water ranged from 4.7 to 11.6 mgL⁻¹, which were high enough for germination and rooting of rice seeds. Emergence percentage in FPF varied from 0% to 89% among 72 varieties. There were 11 varieties with more than 80% of emergence percentage. Eight varieties of them had a ancestor 'Asahi'. The floating seedling rate + turned down seedling rate in FPF varied from 4% to 64% among 65 varieties of which had emergence percentage was 10% over. There was no significant correlation between emergence percentage and floating seedling rate + turned down seedling rate among the 11 rice varieties with high emergence percentage rate. Therefore, there were rice cultivars that were superior in emergence of 80% over and floating seedling rate + turned down seedling rate of 10% less (i.e., Shinriki, Haenuki and Domannaka). High emergence percentage varieties had heavy grains, high bulk density of 1.1 over. Low floating seedling rate + turned down seedling rate varieties had high bulk density of 1.1 over and grown seminal root slowly. These results were helpful to select and breed varieties with good emergence and establishment in direct seeded rice without coating of oxygen-generator on the soil surface in flooded paddy field.

Key words: Direct seeding, Dissolved oxygen, Emergence, Floating seedling, Rice, Turned down seedling, Varieties, Water temperature.