

作物生理・細胞工学

湛水土中直播水稻の出芽・苗立ちと出芽速度 および種子の代謝産物との関係

古畑昌巳¹⁾・岩城雄飛²⁾・有馬進²⁾

(¹⁾ 農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センター, ²⁾ 佐賀大学農学部)

要旨: 水稻の湛水土中直播栽培において出芽・苗立ちに影響を及ぼす種子の物質代謝と諸形質との関係を検討した。早期の出芽により最終的な出芽率は高まり、同時に地上部形質が向上して播種後 14 日目の出芽率と同日の草丈、葉齡、茎葉部乾物重との間には高い正の相関関係が認められた。また、播種後 3 日目の出芽率と種子の α -アミラーゼ活性、スクロース含量との間には相関関係は認められなかったが、グルコース含量ならびにフルクトース含量との間には正の相関関係が認められた。さらに基肥由来のアンモニア態窒素濃度が高まるにつれて出芽率は低下し、種子のグルコース含量が同時に低下する傾向を示した。

キーワード: アンモニア態窒素, 稲, 種子, 出芽速度, 施肥, 湛水直播, 苗立ち。

水稻の湛水直播栽培において幼植物の生長の遅速と種子の物質代謝との関係を明らかにすることは、出芽・苗立ちを制御し、安定した初期生育を確保するために重要である。イネの発芽過程における種子の物質代謝の研究は以前より行われ (高橋 1962)、湛水直播水稻における物質代謝についても、低温条件下での出芽・苗立ちと種子の α および β -アミラーゼ活性との関係 (尹ら 1996) や、種子の胚部分における糖代謝と出芽との関係 (荻原・寺島 1996, 福田ら 2004) などの報告がある。また、代謝とも関連する胚の重さと出芽速度との関係 (秋田ら 1998)、葉色と苗立ち率との関係 (趙・高橋 1999) などが報告されている。

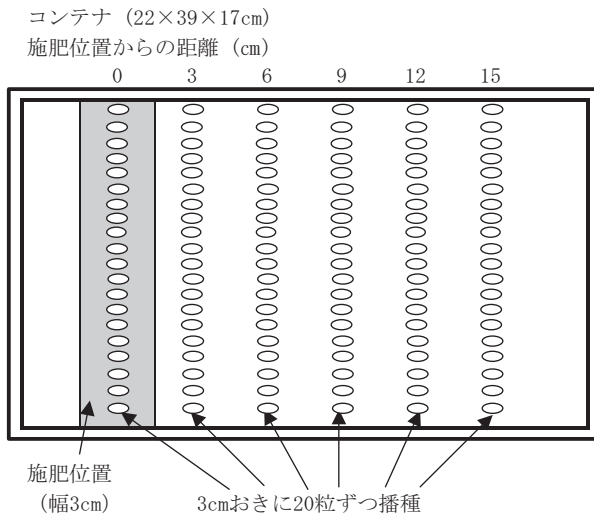
一方、湛水土中直播における出芽・苗成ちは栽培条件により多様に変化することから、これまでに栽培面からの解析事例では、播種直後の落水が出芽・苗成ちを促し (Sato and Maruyama 2002, 古畑ら 2005c)、鞘葉から第 2 葉までの出葉・展開を早めて (古畑ら 2005a)、出芽以降の初期生育を旺盛とすること (Tsuchiya and Maruyama 2004)、逆に、入念な代かきが落水条件下でも出芽・苗成ちを低下させること (古畑ら 2005b)、また、施肥法が幼植物の生長に影響すること (古畑ら 2006) などが明らかになっている。これらの結果が生じた要因は土壌の物理的および化学的性質だけでなく、栽培条件に応じた種子の物質代謝もその一つになっている可能性がある。特に、前報 (古畑ら 2006) で取り上げた播種同時打込み施肥では、種子近傍への施肥による幼植物の生育遅延は、いわゆる肥料濃度障害と捉えられ、種子の物質代謝にも影響を与えたことが考えられることから、その実態を解明する必要がある。本実験では、施肥量と種子に対する施肥の位置、播種後水管理という栽培条件を変えて異なる出芽条件を多数作出し、出芽速度および種子の代謝産物である α -アミラーゼの活性やスクロース、グルコース、フルクトース含量と出芽・苗成ちとの関

係について検討した。

材料と方法

1. 実験方法

2004 年 7 月 23 日に水稻品種「ヒノヒカリ」の催芽籾に、コーティングマシン (クボタ製 KC-15) を用いて過酸化カルシウム粉粒剤 (過酸化カルシウム 16% 含有) を乾籾重の 2 倍重量被覆して被覆種子を作製し、播種までの 7 日間 10°C で密封保管した。九州沖縄農業研究センター (福岡県筑後市和泉) 内の水田土壌 (細粒灰色低地土) の風乾砕土をコンテナ (34 × 19 × 15 cm) に充填した。2004 年 7 月 27 日に野外で入水して代かきを行ったコンテナを 1 日間静置し、土壌と表面水とが分離した後、表面水を除去し、施肥および播種を行った。施肥は被覆複合肥料 (LP コート入り複合 022-BD90 号) を用いて幅 3 cm の帯状に行った。播種は肥料の帯と平行となるよう施肥位置から 3 cm おきに 0, 3, 6, 9, 12, 15 cm の位置ですじ状に被覆種子を 20 粒ずつ置床した (第 1 図)。播種深および施肥の深さをともに 1 cm とするため、同じ土壌を用いて別の容器に準備した代かき土壌を播種深 (施肥の深さ) になるまで種子 (肥料) 上に均平に流し込んで覆土した。施肥は、窒素成分で 7.5 kg/10 a に相当する施肥量 (速効性成分 (リン安): 緩効性成分 (LP50): 遅効性成分 (LPSS100) = 1:3:6) を標準量とし (羽生 1998)、2 倍量 (15 kg/10 a 相当)、3 倍量 (22.5 kg/10 a 相当) の 3 水準とした。上記のように設定したコンテナは、平均気温を 22.5°C (25.0°C・12 時間・明条件 (約 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 20.0°C・12 時間・暗条件) に設定した恒温器に設置した後、落水と湛水の 2 種類の水管理を設けた。落水管理のコンテナは、播種数時間後に駒込ピペットを用いて表面水を除去し、その後は土壌表面からの蒸発のみによる自然減水の落水状態とした。湛水管理



第1図 播種および施肥位置の設定 (平面図).
 播種深および施肥の深さは1cm.

のコンテナには、くみ置きした水道水を、1日1回加えて、1cmの水深を維持した。

2. 出芽と苗立ち

出芽個体数を2週間、毎日調査した。播種後3、14日目に全ての個体を採取し、各個体の鞘葉長、草丈、葉齢と茎葉部乾物重を測定した。長さの測定において屈曲している個体は伸ばして測定した。本実験では、鞘葉が地表面に出現した個体を出芽個体とした。出芽個体数、茎葉部乾物重については3反復の平均値を求め、鞘葉長、草丈、葉齢は1区内の20個体の平均値を求めて、さらにこれらの3反復の平均値を算出した。さらにこれらのデータを使って播種から出芽までの平均日数を数量化するため、既報(古畑ら2005c)と同様に、ヒエ類の日別発芽率を数量化する手法(山末2001)を適用して平均出芽日数、平均出芽速度(平均出芽日数の逆数)を算出した。

3. 種子の α -アミラーゼ活性および糖含量の分析

播種後3日目にコンテナから全ての種子を採取し、 -20°C で保管して分析に供した。各処理区の α -アミラーゼ活性分析には5粒、糖類分析には10粒の玄米を供試し、3反復で測定を行った。 α -アミラーゼ活性は分析キット(Megazyme社製)を用い、スクロース、グルコースおよびフルクトースの含量はいずれもF-kit(インターナショナル社製)を用いて分光光度計により測定した。

4. 土壌の硝酸態窒素およびアンモニア態窒素濃度の測定

2004年12月3日、コンテナ(34×19×15cm)に上記1.と同じ土壌を充填し、代かきを行い、表面水を除去した後、施肥および覆土を行った。この実験では播種は行わず、帯状施肥および覆土の設定は上記1.と同様とした。

コンテナは平均気温を 22.5°C に設定した($25.0^{\circ}\text{C} \cdot 12$ 時間, $20.0^{\circ}\text{C} \cdot 12$ 時間)恒温器に設置し、落水管理と湛水管理を設けて上記1.と同様の水管理とした。分析用土壌は、施肥後3日目に施肥位置から0, 6, 12cmの中央部分において100mL土壌コアを用いて土壌表面から深さ5cmまでの土壌を3反復(3コンテナ)で採取した。また、抜き取り以降の作業および分析手順は別報(古畑ら2006)と同様とした。

結 果

1. 施肥位置、施肥量および播種後水管理が出芽率に及ぼす影響

出芽・苗成ちは施肥位置の影響を受け、施肥位置(0cm)の生育が最も遅延し、施肥位置から数cm離れると、その程度は軽微になった。その傾向を明確に示した播種後14日目の最終的な出芽率についてみると、出芽率はいずれの条件でも施肥位置(0cm)が最も低く、3cm以上で高まる傾向を示した。また、施肥位置の出芽は施肥量が増加するほど不良となり、コンテナ全体の平均出芽率は、施肥量の増加に伴って低下し、落水区より湛水区が低い傾向を示した(第2図)。

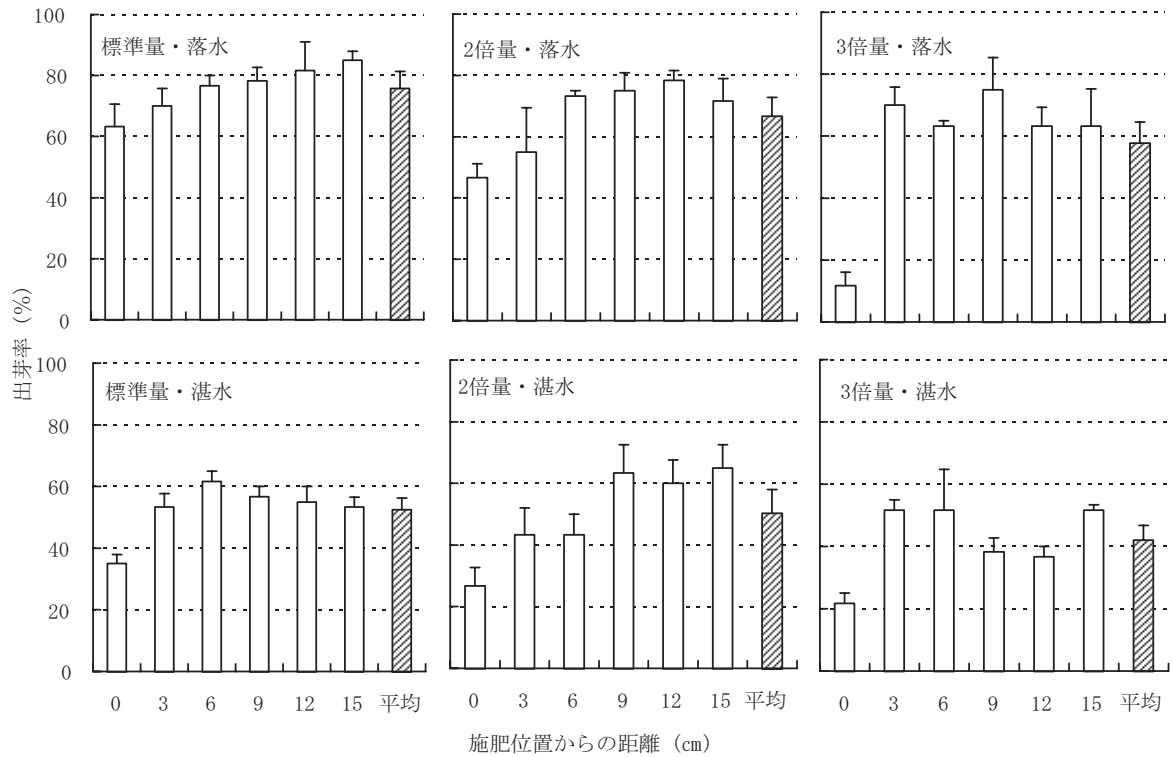
施肥位置の出芽率は、播種後3日、14日ともに施肥位置からの距離が3~15cmにおける出芽率の平均値に比べて低かった。また、施肥量が2倍量、3倍量と増えると施肥位置の出芽率は有意に低下したことから、種子近傍の施肥および施肥量の増加は出芽を低下させることが明らかとなった(第1表)。

2. 出芽速度と出芽率との関係

早期に良好な出芽を示した区は、播種後14日目の最終的な出芽率も高くなる傾向があり、落水区に比べて早期の出芽率が低い湛水区では播種後14日目の最終的な出芽率も低くなる傾向が認められた。その結果、播種後3日目の出芽率と14日目の最終的な出芽率の間には相関係数が $r = 0.8944$ という1%水準で有意な正の相関関係が認められた(第3図A)。さらに、播種後14日目の出芽率と平均出芽日数、平均出芽速度との関係についても、それぞれ相関係数が $r = -0.7162$, $r = 0.5936$ という1%水準で有意な負および正の相関関係が認められた(第3図B, C)。

3. 鞘葉長と出芽率との関係

播種3日目の鞘葉長と播種後14日目の出芽率の間には有意な相関関係は認められなかった(第4図A)。しかし播種後水管理別にそれぞれの鞘葉長と出芽率との関係で整理した結果、鞘葉長と出芽率の間には落水区で相関係数 $r = 0.7157$ 、湛水区で相関係数 $r = 0.7746$ という1%水準で有意な正の相関関係が認められ、同じ播種後水管理では早期の鞘葉長が長い区ほど最終的な出芽率も高い傾向を示した(第4図B, C)。



第2図 播種後14日目の出芽率の比較.
 図中のバーは標準誤差を示す (n=3).

第1表 施肥量と施肥位置が出芽率 (%) に及ぼす影響.

施肥量	種子位置	播種後3日目の出芽率		播種後14日目の出芽率	
		湛水	落水	湛水	落水
標準量	施肥位置	13.3*	36.7	35.0**	63.3
	他区平均	32.7	53.3	56.0	78.3
	相対値 (%)	41	69	63	81
2倍量	施肥位置	0.0**	0.0**	26.7*	46.7**
	他区平均	36.0	41.3	55.0	70.7
	相対値 (%)	0	0	49	66
3倍量	施肥位置	0.0**	0.0**	21.7**	11.7**
	他区平均	20.7	29.3	46.0	67.0
	相対値 (%)	0	0	47	18

施肥位置は施肥位置からの距離が0cmの値, 他区平均は施肥位置からの距離が3, 6, 9, 12, 15cmの値の平均値を示す. 相対値は他区平均値に対する施肥位置の相対値を示す. *, **は同じ水管理の施肥位置と他区平均間に5%, 1%水準で有意差がある (t検定) ことを示す.

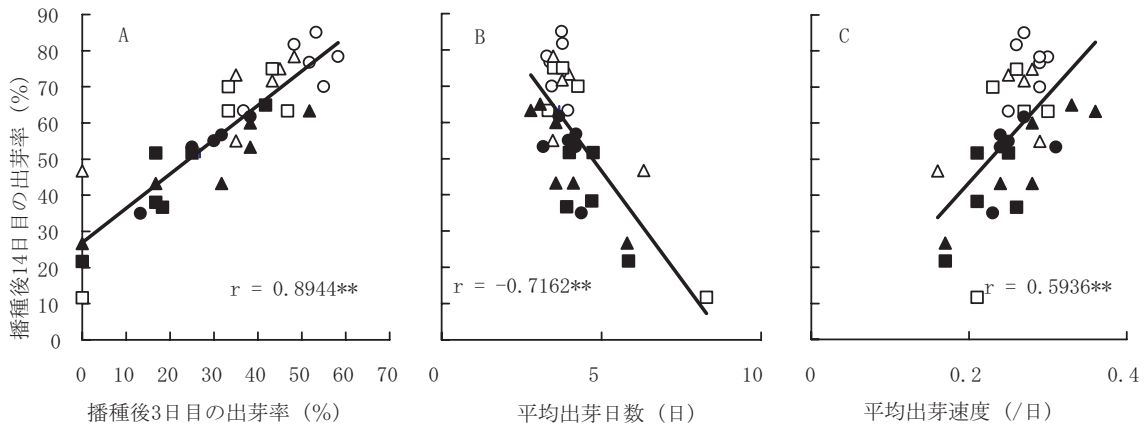
4. 出芽率と草丈, 葉齢, 茎葉部乾物重との関係

早期に良好な出芽を示した区は, 初期生育が旺盛で, 乾物重の増加が良好となる傾向があり, 落水区は湛水区に比べて生育速度が速い傾向が認められた. 播種後14日目の出芽率と同日の草丈との間には相関係数 $r = 0.9469$, 同日の葉齢との間には相関係数 $r = 0.9114$, 同日の茎葉部乾物重との間には相関係数 $r = 0.9158$ という1%水準で

有意な正の相関関係が認められた (第5図).

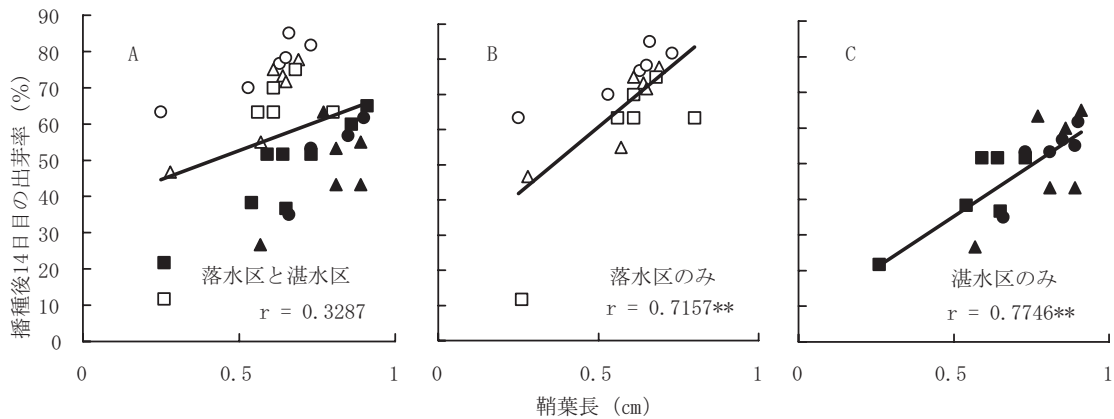
5. 種子の代謝産物と出芽率との関係

施肥量および施肥位置が種子の α -アミラーゼ活性に及ぼす影響をみると, 施肥量が2倍以上になると α -アミラーゼ活性も倍増したが, 施肥位置による差は明らかでなかった. 種子の糖含量に及ぼす影響は, スクロース含量は



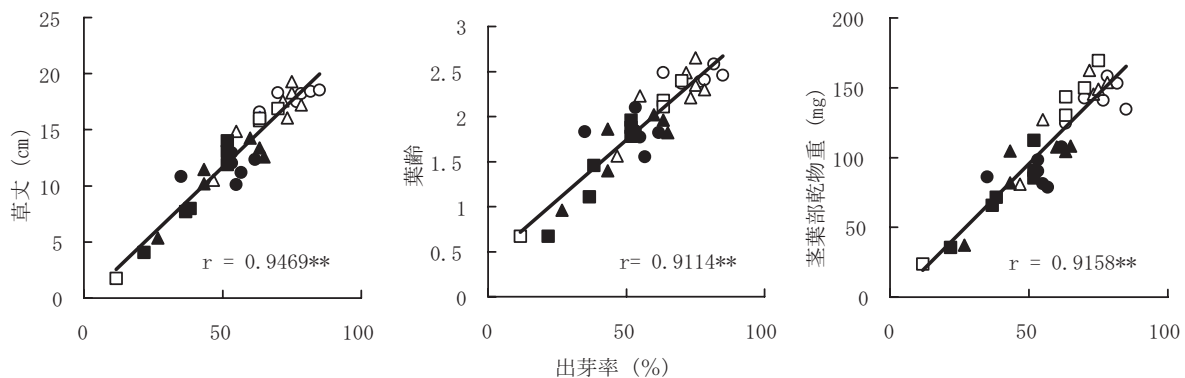
第3図 播種後3日目の出芽率、平均出芽日数、平均出芽速度と播種後14日目の出芽率との関係。

○：標準量・落水，●：標準量・湛水，△：2倍量・落水，▲：2倍量・湛水，□：3倍量・落水，■：3倍量・湛水。**は1%水準で有意な相関関係が有ることを示す。



第4図 播種後3日目の鞘葉長と播種後14日目の出芽率との関係。

○：標準量・落水，●：標準量・湛水，△：2倍量・落水，▲：2倍量・湛水，□：3倍量・落水，■：3倍量・湛水。**は1%水準で有意な相関関係が有ることを示す。



第5図 播種後14日目の出芽率と草丈、葉齢および茎葉部乾物重との関係。

○：標準量・落水，●：標準量・湛水，△：2倍量・落水，▲：2倍量・湛水，□：3倍量・落水，■：3倍量・湛水。**は1%水準で有意な相関関係が有ることを示す。

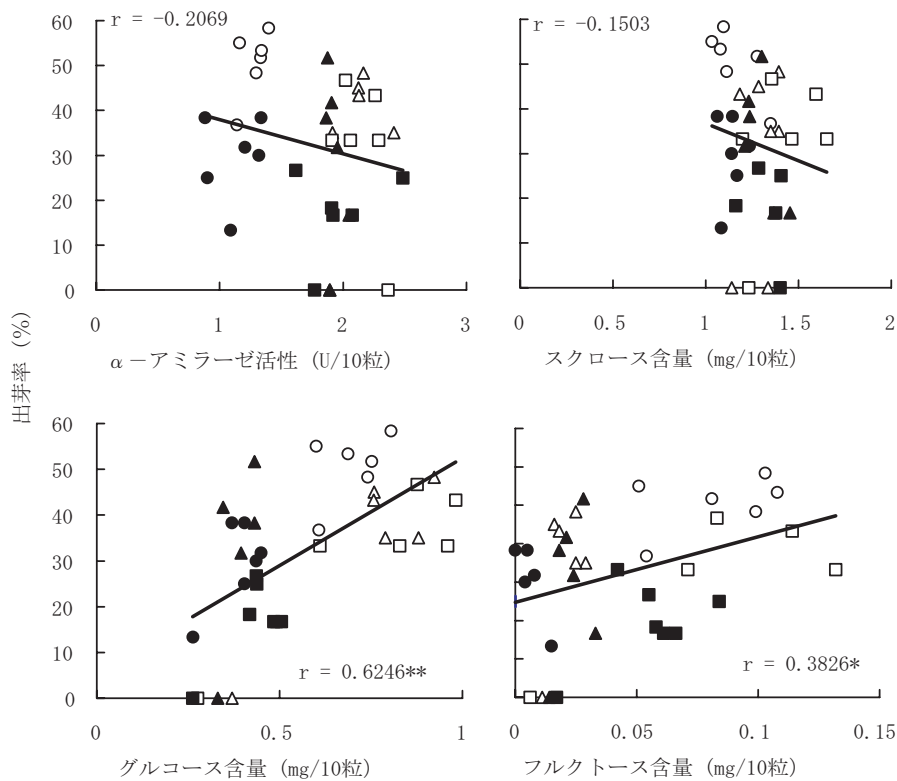
施肥量が2倍、3倍となるのに伴って湛水区では微増し、落水区では漸減する傾向を示した。グルコース含量およびフルクトース含量は施肥量の増加に伴い施肥位置で有意に減少した(第2表)。播種後3日目の種子の代謝産物と出

芽率との関係についてみると、出芽率と α -アミラーゼ活性との間には相関係数 $r = -0.2069$ 、スクロース含量との間には相関係数 $r = -0.1503$ と有意な相関関係が認められなかったが、出芽率とグルコース含量との間には相関係

第2表 施肥量と施肥位置が種子の α -アミラーゼ活性, 糖含量に及ぼす影響.

施肥量	種子位置	α -アミラーゼ活性 (U/10粒)		スクロース含量 (mg/10粒)		グルコース含量 (mg/10粒)		フルクトース含量 (mg/10粒)	
		湛水	落水	湛水	落水	湛水	落水	湛水	落水
標準量	施肥位置	1.09	1.14	1.09	1.35	0.33	0.61	0.01	0.05
	他区平均	1.13	1.31	1.15	1.12	0.41	0.72	0.01	0.09
	相対値 (%)	96	87	95	121	80	85	100	56
2倍量	施肥位置	1.89	1.89	1.34	1.14	0.26*	0.37*	0.01	0.01
	他区平均	1.93	2.15	1.29	1.32	0.42	0.82	0.02	0.02
	相対値 (%)	98	88	104	86	62	45	50	50
3倍量	施肥位置	1.77	2.37	1.40	1.23	0.26**	0.28**	0.02*	0.01**
	他区平均	2.00	2.11	1.32	1.45	0.46	0.85	0.06	0.09
	相対値 (%)	89	112	106	85	57	33	33	11

播種後3日目のデータ. 施肥位置は施肥位置からの距離が0cmの値, 他区平均は施肥位置からの距離が3, 6, 9, 12, 15cmの値の平均値を示す. 相対値は他区平均値に対する施肥位置の相対値を示す. *, **は同じ水管理の施肥位置と他区平均間に5%, 1%水準で有意差がある (t検定) ことを示す.

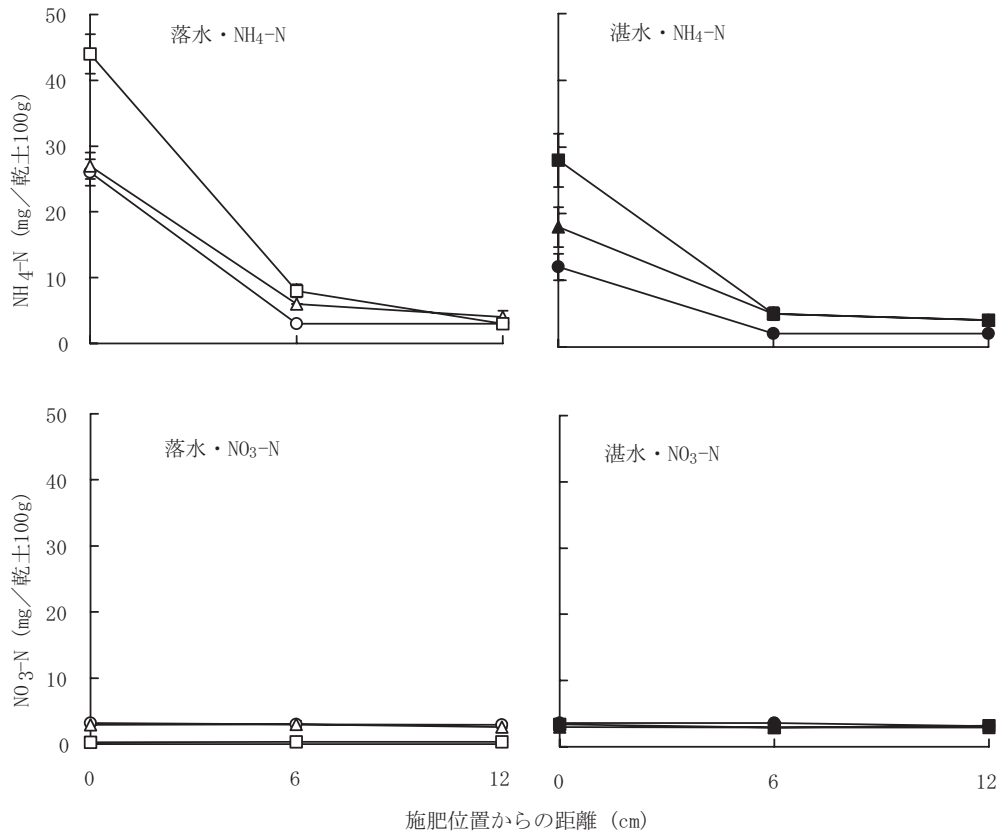
第6図 播種後3日目の種子の α -アミラーゼ活性および糖含量と出芽率との関係.

○: 標準量・落水, ●: 標準量・湛水, △: 2倍量・落水, ▲: 2倍量・湛水, □: 3倍量・落水, ■: 3倍量・湛水. *は5%水準, **は1%水準で有意な相関関係が有ることを示す.

数 $r = 0.6246$, フルクトース含量との間には相関係数 $r = 0.3826$ という有意な正の相関関係が認められた (第6図).

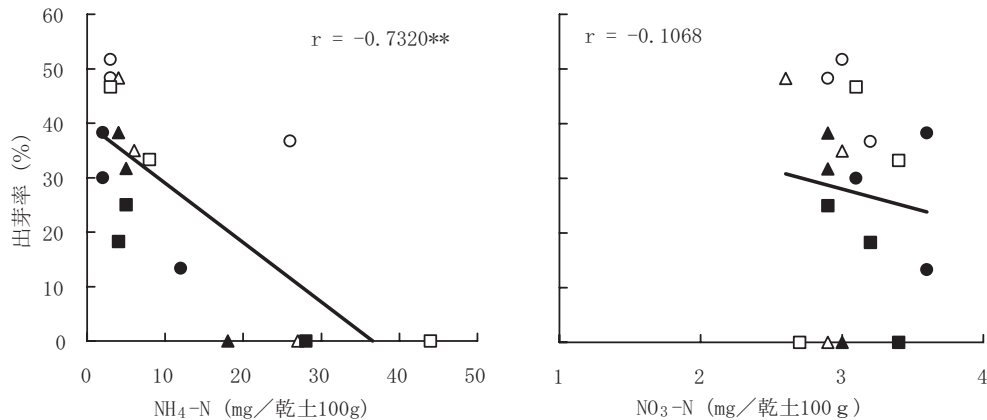
6. 土壌中のアンモニア態および硝酸態窒素濃度と出芽率ならびに種子の代謝産物との関係

上記試験と同様の条件を作出して土壌中のアンモニア態窒素濃度および硝酸態窒素濃度を調査した結果, アンモニ



第7図 施肥位置および施肥量と土壌のアンモニア態，硝酸態窒素濃度との関係。

○：標準量・落水，●：標準量・湛水，△：2倍量・落水，▲：2倍量・湛水，□：3倍量・落水，■：3倍量・湛水。縦棒は標準誤差 (n=3)。

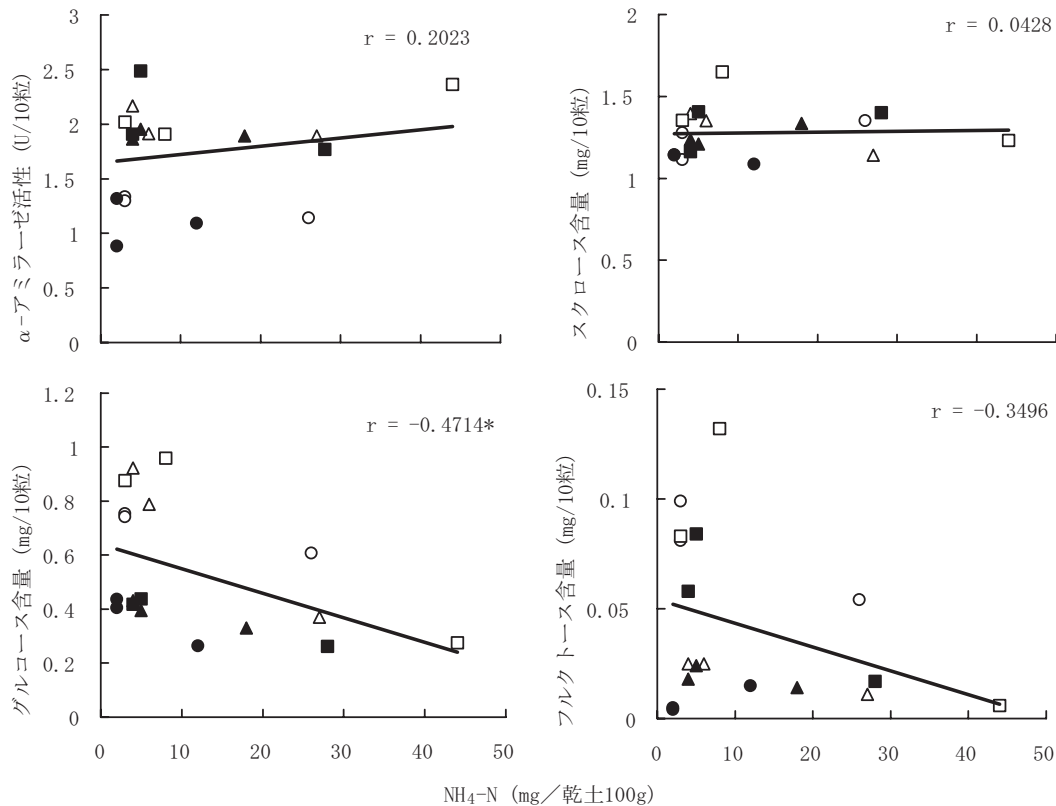


第8図 土壌のアンモニア態および硝酸態窒素濃度と播種後3日目の出芽率との関係。

○：標準量・落水，●：標準量・湛水，△：2倍量・落水，▲：2倍量・湛水，□：3倍量・落水，■：3倍量・湛水。**は1%水準で有意な相関関係が有ることを示す。

ア態窒素濃度は施肥位置 (0 cm) で高く，施肥位置からの距離が6 cm 以遠では急速に低下した。またアンモニア態窒素濃度は施肥量が多いほど高くなり，湛水より落水条件で高まる傾向を示した。一方，土壌中の硝酸態窒素濃度は，施肥位置，施肥量，播種後水管理に関わらず乾土 100 g 当たり 3 mg 前後の値であった (第7図)。播種後3日目の土壌中のアンモニア態窒素濃度と出芽率との間には1%水準で負の相関関係が認められたが，硝酸態窒素濃度との間に

は相関関係は認められなかった (第8図)。さらに，アンモニア態窒素濃度と種子の代謝産物の関係をみると (第9図)， α -アミラーゼ活性，スクロース含量およびフルクトース含量との間には有意な相関関係は認められなかったが，グルコース含量との間には5%水準で負の相関関係が認められた。



第9図 土壌のアンモニア態窒素濃度と種子の代謝産物との関係。

○：標準量・落水，●：標準量・湛水，△：2倍量・落水，▲：2倍量・湛水，
□：3倍量・落水，■：3倍量・湛水。*は5%水準で有意な相関関係が有ることを示す。

考 察

1. 出芽速度が苗立ちに及ぼす影響

本実験では平均出芽日数が短い（出芽速度が速い）条件下では、最終的な出芽率（苗立ち率）が高まる傾向が示された（第3図）。早期に出芽した個体は、第1葉および第2葉抽出が早く、イネでは実質的に第2葉抽出後に光合成が開始されること（三宅・前田1973）を考慮すると、早期に従属栄養状態から独立栄養状態へ移行して初期生育を促進することに結びつく。逆に出芽が遅れた個体は出芽後に枯死することが多く（古畑・楠田1998）、より出芽率を低めて苗立ち率を悪くすると考えられる。そのような観点から、栽培面では施肥体系において基肥量を控えること、全量基肥体系において速効性の窒素の割合を減らすこと、そして播種後落水を適用することといった技術の組み合わせによって第2葉抽出までを早める技術体系とするほか、品種面からも出芽速度の速い品種を選定することなどが必要である。

2. 種子の代謝産物が出芽・苗立ちに及ぼす影響

本実験では α -アミラーゼ活性と最終的な出芽率との間には相関関係が認められなかった（第6図）。これに関しては鞘葉伸長期の胚乳内の α -アミラーゼ活性と低温での

鞘葉伸長の遅速や苗立ち率の間には相関が認められないという報告もある（荻原ら2003）。一方、本実験では播種後3日目の出芽率と種子のグルコース含量、フルクトース含量との間に正の相関関係が認められ、スクロース含量との間には相関関係が認められなかった（第6図）。イネ種子ではスクロースを地上部や地下部に送っており（Nomuraら1969）、胚盤で再合成されたスクロースは、嫌気条件下でスクロースシンターゼによってグルコースとフルクトースに分解される過程が存在していると報告されている（Guglielminettiら1995）。また、福田ら（2004）は、嫌気条件下では胚部分のスクロースシンターゼの活性が高まった結果、スクロース分解によるグルコースとフルクトースの含量が増加したとしている。このような種子内の糖含量の変動と出芽の因果関係については、本実験では、測定対象を種子全体（胚乳+胚盤+胚軸等）としたため、十分な説明ができず、今後詳細な調査が必要である。

3. アンモニア態窒素が出芽・苗立ちに及ぼす影響

本実験では土壌中のアンモニア態窒素濃度が高まるにつれて出芽率は低下し（第8図）、種子のグルコース含量が同時に低下する傾向を示した（第9図）。この結果は土壌中のアンモニア態窒素が鞘葉の伸長を抑制することによって出芽を阻害することおよび種子のグルコース含量に影響

を及ぼすことを示唆している。一方、同程度のアンモニア態窒素濃度に対し、播種後の水管理によって出芽率および種子のグルコース含量は異なり、落水区は湛水区に比べて高かった。このことは種子近傍への施肥によるアンモニア態窒素の生育阻害を落水管理が軽減したことを示唆している。

アンモニア態窒素が水稻の出芽・苗立ちを阻害する濃度については、全層施肥した土壌から真空採血管を用いて土壌溶液を採取した場合、0.7 ppm 以上 (Hara and Toriyama 1998), 2 ppm 以上 (菅野ら 1999) との報告がある。本実験は局所施肥した土壌を採取した後、KCl 抽出した溶液を分析したため、それらの報告との直接の濃度の比較を行えないが、本実験の湛水区では 4~12 mg / 乾土 100 g, 落水区では 26~44 mg / 乾土 100 g の間で出芽率の低下が認められた。しかし、湛水土中に播種された種子の生長に対しアンモニア態窒素がどのような影響を及ぼすか十分に明らかにされていないため、今後、より正確なアンモニア態窒素濃度と出芽および種子の部位別の代謝産物の測定を行い、それらの因果関係を整理する必要がある。

以上のことから、湛水土中に播種された水稻では早期の出芽により出芽率が高まり、同時に地上部形質が向上することが示唆された。また、播種後 3 日目の出芽率と種子の α -アミラーゼ活性、スクロース含量との間には相関関係は認められなかったが、グルコース含量ならびにフルクトース含量との間には正の相関関係が認められた。さらに、基肥由来のアンモニア態窒素濃度が鞘葉の伸長を抑制して出芽を阻害することおよび種子のグルコース含量に影響を及ぼすことが示唆された。

謝辞：本研究の土壌分析に当たり、九州沖縄農業研究センター環境資源研究部の荒川祐介主任研究官にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

秋田重誠・尹炳星・椛木信幸 1998. 低温・湛水条件下でのイネの出芽速度と胚重の関係. 日作紀 67 : 318-322.
 尹炳星・山口淳二・秋田重誠 1996. 出芽性とデンプン分解酵素活性の関連性にみられる水稻品種間差. 日作紀 65 (別 2) : 55-56.
 福田あかり・長田健二・荻原均・吉永悟志 2004. 湛水条件下における水稻種子胚中の糖代謝と鞘葉伸長速度との関係. 日作紀 73 (別 1) : 178-179.
 古畑昌巳・楠田宰 1998. 湛水直播における酸素発生剤被覆種子の出芽特性と出芽率の関係. 九州農業研究 60 : 14.

古畑昌巳・楠田宰・福嶋陽 2005a. 落水処理による土壌三相構造の变化が湛水直播水稻の出芽と苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 74 : 1-8.
 古畑昌巳・楠田宰・福嶋陽 2005b. 代かき程度が湛水直播した水稻の落水条件下における出芽と苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 74 : 9-16.
 古畑昌巳・楠田宰・福嶋陽 2005c. 水稻の湛水直播・落水栽培における落水時期が出芽・苗立ちに及ぼす影響. 日作紀 74 : 134-140.
 古畑昌巳・岩城雄飛・野間貴文・有馬進 2006. 打込み同時施肥と播種後の落水が湛水土中点播水稻の出芽・苗立ちと初期生育に及ぼす影響. 日作紀 75 : 7-12.
 Guglielminetti, L. and P. Perata and A. Alpi 1995. Effect of anoxia on carbohydrate metabolism in rice seedlings. *Plant Physiol.* 108 : 735-741.
 羽生友治 1998. 新版土壌肥料用語辞典 肥料・用土編 肥料の種類. 農文協, 東京. 198-208.
 Hara, Y. and K. Toriyama. 1998. Ammonium nitrogen in soil solution and seed nitrogen affect the percentage of establishment of rice plants in submerged soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 44 : 415-422.
 菅野千秋・佐藤健司・酒井博幸 1999. 土壌中のアンモニア態窒素濃度が直播水稻の出芽に及ぼす影響. 日作東北支部報 42 : 5-7.
 三宅博・前田英三 1973. イネ葉身における維管束鞘内葉緑体の発達について. 日作紀 42 (別 2) : 107-108.
 Nomura, T., Y. Kato and T. Akazawa 1969. Enzymic mechanism of starch breakdown in germinating rice seeds. II. Scutellum as the site of sucrose synthesis. *Plant Physiol.* 44 : 765-769.
 荻原均・寺島一男 1996. 出芽時におけるイネ種子の α -アミラーゼ活性および糖類蓄積の品種間差異. 日作紀 65 (別 2) : 249-250.
 荻原均・寺島一男・趙志超・福田あかり・吉永悟志 2003. イネの低温苗立ち性と成熟種子胚中のシヨ糖含量との関係. 東北農業研究成果情報. 17 : 33-34.
 Sato, T. and S. Maruyama 2002. Seedling emergence and establishment under drained conditions in rice direct-sown into puddled and leveled soil - Effect of calcium peroxide seed coating and sowing depth -. *Plant Prod. Sci.* 5 : 71-76.
 高橋成人 1962. 稲種子の発芽に関する生理遺伝学的研究. 東北大学農学研究所彙報 14 : 1-87.
 Tsuchiya, M. and S. Maruyama 2004. Growth enhancement by during seedling establishment in rice direct-sown into puddled and leveled soil. *Plant Prod. Sci.* 7 : 324-328.
 山末祐二 2001. 雑草科学実験法 第 1 章 雑草の生物・生態に関する試験 第 2 節 雑草の形態・生理・生態に関する調査 第 4 項 種子の休眠・発芽調査法. ニッセイエプロ, 東京. 54-55.
 趙志超・高橋清 1999. 栽培イネ (*Oryza sativa* L.) の出芽・苗立ちに関与する 2, 3 の要因. 日作紀 68 : 379-384.

Effects of the Metabolites in the Seeds and Seedling Emergence Rate on the Percentage of Seedling Emergence and Establishment in Rice Direct-Seeded under Submerged Conditions : Masami FURUHATA¹⁾, Yuuhi IWAKI²⁾ and Susumu ARIMA²⁾
(¹⁾*Natl. Agr. Res. Cent. for Kyushu Okinawa Region, Chikugo 833-0041, Japan;* ²⁾*Saga Univ.*)

Abstract : The relationship between the metabolites in the seeds and the emergence and establishment of the seedlings were investigated in container experiments to improve the emergence and establishment of rice seedlings in direct seeded in flooded paddy field. The plant length, the leaf age and the dry weight of vegetative parts at 14 days after seeding were highly and positively correlated with the emergence rate at 14 days after seeding. Early emergence of seedlings increased the final emergence rate, and promoted the growth of aerial parts.

The amounts of glucose and fructose in seeds were positively correlated, but the α -amylase activity and the amount of sucrose in seeds were not correlated with the emergence rate at 3 days after seeding. The emergence rate and the amount of glucose in seeds were negatively correlated with the concentration of ammonium nitrogen derived from the basal dressing.

Key words : Ammonium nitrogen, Direct seeding in flooded paddy field, Fertilizer application, Rice, Seed, Seedling emergence rate, Seedling establishment.
