

巨大胚水稻品種はいみのりにおける田植機適応性のある苗の育苗法

白土宏之*・大平陽一・高梨純一

(農業技術研究機構)

要旨: 巨大胚水稻品種はいみのりにおける田植機適応性のある苗の育苗方法の開発を目標として、出芽・苗立ち不良要因を解析し、出芽・苗立ち、苗丈、苗マット形成の向上方法を検討した。はいみのりは発芽率は96.7%であったが、出芽率は69.2%、苗立率は33.0%と低い場合が見られ、発芽後の生長が悪い場合があることが示された。その原因の一つとして、はいみのりは奇形発生率が50.2%と高いことがあげられた。また、はいみのりは種子から溶出する全糖量が多いことも一因と考えられた。一方、はいみのりの出芽率・苗立率は手脱穀種子も機械脱穀種子と同様に低く、脱穀時の衝撃は出芽・苗立ち不良の原因ではないと考えられた。はいみのりの出芽率・苗立率は浸種温度、緑化温度、収穫時期、育苗資材、播種量を変えても改善出来なかった。苗丈はもみから成型マットを用いると平均11.9 cmになり、育苗培土の平均10.3 cmより長くなった。もみから成型マットを用いた苗マットの引張強度は0.46 N (ニュートン) で育苗培土での0.23 Nの2倍強くなり、苗取り板が不要とされる値と同程度になった。また、播種量を270 g/箱とすることで、一般品種の中苗程度の苗立数が得られた。以上、はいみのりの低出芽率、低苗立率は発芽後に問題があること、その原因は高い奇形発生率と種子から溶出する全糖量の多さによる可能性があることが明らかになった。さらに、もみから成型マットを使用し、270 g/箱播種することにより田植機適応性のある苗が得られた。

キーワード: 巨大胚、出芽、水稻、苗立ち、苗マット引張強度、はいみのり、もみから成型マット。

1999年に農林登録された巨大胚水稻品種はいみのりは胚の重量が通常品種の3倍から4倍あり、玄米を水に浸漬すると、一般品種の3倍から4倍の γ -アミノ酪酸(GABA)が胚に蓄積する(根本ら 2001)。GABAを蓄積させた「GABA蓄積脱脂コメ胚芽」は更年期及び初老期の抑うつ、不眠、イライラや高血圧症、肝機能の改善に効果が認められている(岡田ら 2000)。GABA蓄積量の多いはいみのりはこのような健康食品の素材として期待されている。

一方、はいみのりは出芽、苗立ちが悪く(根本ら 2001)、農家においては苗立数や苗マット強度の不十分な田植機適応性のない苗しか得られないケースも見られる。さらに、苗の生長が遅く、苗丈の確保に日数がかかる。

本研究では、はいみのりにおける田植機適応性のある苗の育苗方法の開発を目標とした。まず、はいみのりの出芽・苗立ちの不良要因を解析した。次に、出芽率、苗立率、苗丈、苗マット引張強度を向上させる方法を検討した。

材料と方法

1. 種子

水稻品種はいみのりと対照品種としてヒノヒカリを用いた。はいみのりは九州大学で育成された巨大胚系統EM 40を母とし、超多収品種アケノホシを父とした交配組み合わせの後代より選抜・育成された(根本ら 2001)。両品種の種子は中国農業試験場福山圃場の水田で採種した。ただし、調査1のはいみのり種子は山口市内で採種栽培されたものを用いた。はいみのり種子は実験1、実験2、調査1では1999年産、その他の実験では2000年産で、ヒ

ノヒカリ種子は全て1999年産であった。断らない限り、はいみのりの種子は水選し、ヒノヒカリの種子は比重1.12で塩水選した。種子は殺菌剤処理し、断らない限り15℃で7日間浸種を行った後、30℃の催芽器にて鳩胸状態に催芽した。育苗資材も殺菌剤処理した。

2. 発芽実験(実験1)

乾粃50粒を脱イオン水でしめらせた濾紙を敷いてある9 cmシャーレに播種し、蓋をして、30℃の人工気象器内で7日間発芽させた。区制は3反復の乱塊法とした。発芽率は幼芽または幼根が2 mm以上になった個体の割合とし、毎日測定した。

3. 浸種温度と緑化温度が出芽率、苗立率に与える影響(実験2)

浸種処理は15℃で7日間または23℃で4日間とした。鳩胸状態の粃を、床土育苗培土(グリーンソイル暖地用、全国農業協同組合連合会、以下床土育苗培土とする。施肥量はN-P₂O₅-K₂Oが苗箱当たり0.6-0.8-0.7 g)を2 cmの厚さに充填した8.5×17.5×3.4 cmのスチロール容器に50粒播種し、同じ培土で薄く覆土した。したがって、基肥量は容器当たりN-P₂O₅-K₂Oがおおよそ55-73-64 mgとなった。播種後、30℃で2日間出芽させた後、人工気象器に搬入した。緑化は温度を25℃、30℃、32℃とし、8日間行った。照明は約80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の連続照明とした。緑化終了後は屋外にて生育させた。区制は3反復の完全無作為化法とした。

出芽率、苗立率は播種後2, 10, 18, 23日目(以後、播

種後日数を DAS と表す) に全個体について調査した。出芽率は覆土上に芽が出現している生存個体の割合とした。苗丈 6 cm 未満の苗は田植機で移植した場合に植え付け精度が低下するため(津賀ら 1994, 伊藤 1995, 斉藤ら 1995), 苗立率は苗丈 6 cm 以上の生存個体の割合とした。

4. 奇形発生率の調査(調査 1)

JA 山口宇部で育苗したはいみのり苗の奇形発生率を調査した。比重 1.025 で比重選したはいみのりの催芽粃 240 g/箱(乾粃で約 190 g/箱)を 2000 年 3 月 26 日に播種した。出芽室内において 30℃で 3 日間, 27℃で 1 日間, 25℃で 2 日間出芽させ, 10 日間の緑化後, 屋外で育苗した。基肥は $N-P_2O_5-K_2O$ を 0.7-0.7-1.05 g/箱施用し, 追肥は硫安 2.5 g/箱(窒素成分で 0.53 g/箱)を 28 DAS に施用した。46 DAS に, 発芽した 80 個体の幼芽の形態を分類し, 各形態の発芽個体当たりの発生率を調査した。

5. 溶出全糖量の差異(実験 3)

乾粃 1 粒を 2 mL エッペンドルフチューブに入れ, 脱イオン水 100 μ L を加えて, 15℃で 3 日間浸種した。3 DAS に溶液を回収し, 浸種期間のサンプルとした。種子を水洗後, 100 μ L の脱イオン水を種子の入っているエッペンドルフチューブに加え, 浸種に引き続いて 30℃で 3 日間催芽した。6 DAS に溶液を回収し, 催芽期間のサンプルとした。反復数は 4 とした。フェノール硫酸法(Dubois ら 1956)にて全糖濃度を測定し, 種子 1 粒当たりの溶出全糖量を求めた。

6. 脱穀方法の検討(実験 4)

収穫は手刈りで行い, 乾燥方法は風乾とした。はいみのりの脱穀方法は脱穀機(TYPE-TS 株式会社藤原製作所, 回転数を 363 rpm, 歯の速度を 9.5 ms^{-1} に改造)を用いる機械脱穀と手脱穀とした。ヒノヒカリは機械脱穀のみとした。床土用育苗培土を 2 cm の厚さに充填した苗箱上に, 8 cm \times 25 cm を 1 区として, 各区 35 粒播種し, 覆土用育苗培土(グリーンソイル覆土用, 無肥料, 以下覆土用育苗培土とする)で覆土した。30℃で 2 日間出芽させた後, 夜間を 15℃で 12 時間, 昼間を 25℃で 12 時間に設定した自然光型ファイトトロン内に搬入し, 27 DAS まで生育させた。区制は 6 ブロックの乱塊法とした。出芽率は 3 DAS, 10 DAS に, 苗立率は 27 DAS に全個体について調査した。

7. 収穫時期の検討(実験 5)

実験に用いたはいみのりは 2000 年 8 月 25 日に出穂した。はいみのりは出穂後 15 日目(以下 15 DAH とする), 20 DAH, 30 DAH, 45 DAH, 55 DAH に主穂の穂を採取し, 風乾後, 手で 1 次枝梗着生粃のみを採取した。ヒノヒカリは種子の項で述べた種子を使用した。収穫日は

49 DAH で, 脱穀は機械脱穀とした。ピート培土(みのる田植機専用培土, みのる産業株式会社, 施肥量は覆土を含めて $N-P_2O_5-K_2O$ が 1.2-1.8-1.2 mg/穴)を充填したポット苗箱(みのる成苗育苗箱)を使用し, 1 区当たり 50 粒ずつ, 1 粒を 1 穴に播種し, 同じ培土で覆土した。30℃で 2 日間出芽させた後, 実験 4 と同条件のファイトトロン内に搬入し, 27 DAS まで生育させた。区制は 3 ブロックの乱塊法とした。出芽率は 3 DAS と 10 DAS に, 苗立率は 27 DAS に全個体について調査した。

8. 育苗資材と播種量の検討(実験 6)

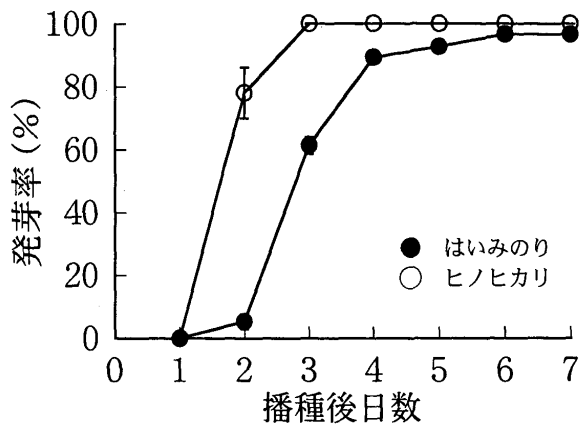
育苗資材として床土用育苗培土(厚さ 2 cm), 乳苗用ロックウールマット(厚さ 1.8 cm, チビッコパワーマット, 全国農業協同組合連合会, 無肥料, 以下ロックウールマットとする), もみから成型マット(厚さ 1.5 cm, 全国農業協同組合連合会, 施肥量は $N-P_2O_5-K_2O$ が 1-1-1 g/箱)を供試した。播種量は, はいみのりでは乾粃換算で苗箱当たり 200 g と 270 g, ヒノヒカリでは 150 g とした。覆土は, 育苗培土区は覆土用育苗培土, ロックウールマット区ともみから成型マット区は床土用育苗培土を用い, 苗箱の縁まで行った。したがって, 覆土の厚さは育苗培土区は 1 cm, ロックウールマット区は 1.2 cm, もみから成型マット区は 1.5 cm となった。育苗資材と覆土を合わせた基肥量は $N-P_2O_5-K_2O$ が, はいみのりの育苗培土区では 0.6-0.8-0.7 g/箱, ロックウールマット区では 0.4-0.5-0.4 g/箱, もみから成型マット区では 1.5-1.6-1.5 g/箱で, ヒノヒカリでは 0.6-0.8-0.7 g/箱であった。追肥は硫安で窒素量 1.05 g/箱を, 12 DAS には, はいみのりのロックウールマット区ともみから成型マット区に施用し, 25 DAS には, はいみのりの全区に施用した。ヒノヒカリには追肥しなかった。

播種後, 30℃で 2 日間出芽させた後, 実験 4 と同条件のファイトトロン内で生育させた。29 DAS に出芽率, 苗立率, 苗丈, 苗マット引張強度を測定した。1 区の大きさは苗箱の半分とした。区制は 3 ブロックの乱塊法とした。出芽率と苗立率は 29 DAS に苗マットの一部を切り取り, 含まれている全個体(50 個体以上)について測定した。苗丈は苗立ちした 20 個体について測定した。苗マット引張強度は上野ら(1982)の方法に準じて各区 3 反復測定した。苗マット引張強度は苗マット縦方向の引張強度に換算し, 単位は N(ニュートン)で表示した。

結 果

1. 発芽実験(実験 1)

はいみのりの発芽率は 7 DAS では 96.7%でヒノヒカリの発芽率 100.0%と有意差はなかった(第 1 図)。しかし, 2~3 DAS のはいみのりの発芽率はヒノヒカリよりかなり低く, はいみのりはヒノヒカリより発芽に時間がかかった。



第1図 はいみのりとヒノヒカリの30℃における発芽率の推移 (実験1).
バーは標準誤差を示す。

2. 浸種温度と緑化温度が出芽率、苗立率に与える影響 (実験2)

はいみのりの出芽率は10 DAS以降、催芽温度、緑化温度の影響を受けなかった (第2図A)。はいみのりの出芽率はヒノヒカリより低く推移した。23 DASにおけるはいみのりの出芽率は平均91.0%で、ヒノヒカリの99.3%より低かった。

はいみのりの苗立率は、10 DASでは緑化温度25℃の区がやや低かったが、23 DASには浸種温度、緑化温度による違いは見られなかった (第2図B)。はいみのりは苗立率の上昇速度がヒノヒカリより遅かった。はいみのりの23 DASの苗立率は平均75.6%で、ヒノヒカリの98.7%より低かった。

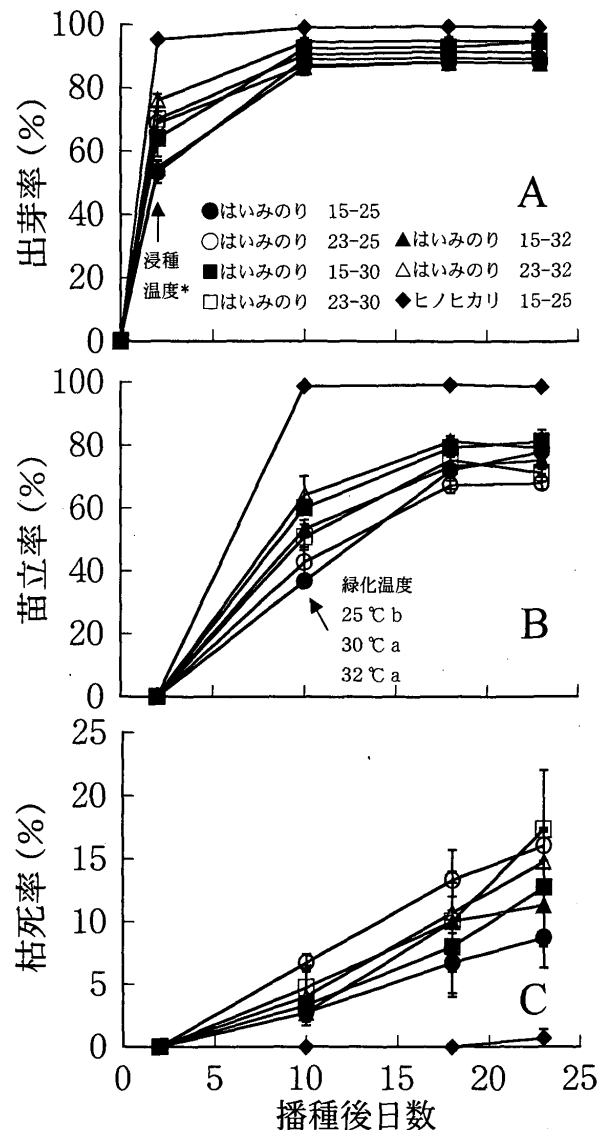
はいみのりの枯死率は浸種温度23℃区が15℃区より高い傾向が見られたが、有意差はなかった (第2図C)。緑化温度もはいみのりの枯死率に影響しなかった。はいみのりでは10 DASには枯死が生じていた。はいみのりの枯死率は23 DASには平均13.4%となり、ヒノヒカリの0.7%より高かった。

3. 幼芽の形態 (調査1)

はいみのり苗の幼芽の形態を調査したところ、「正常」 (第3図A) と苗丈4~6 cmの「矮小」以外を奇形とすると、奇形発生率は50.2%であった (第1表)。「分げつ」には6 cm以上の個体も含まれるが、一般品種の箱育苗の苗では分げつのある個体はほとんどないことから、奇形と判断した。奇形の中でも、苗丈が著しく短い「極矮小」、苗丈が著しく短く、正常個体と比較して多くの分げつが発生する「極矮小・分げつ」 (第3図B)、幼芽が屈曲している「屈曲」 (第3図D)、根は伸びても幼芽が枯死する「幼芽枯死」など幼芽の伸長が抑制される奇形が多かった。

4. 溶出全糖量の差異 (実験3)

はいみのり種子から浸種期間に溶出した全糖量は3.2 μg 粒⁻¹で4.7 μg 粒⁻¹のヒノヒカリと有意差はなかった



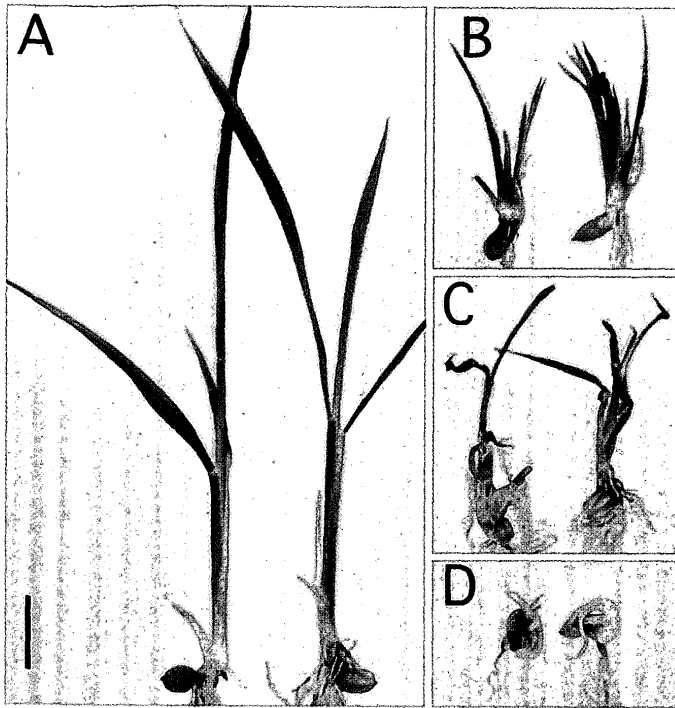
第2図 浸種温度と緑化温度がはいみのりの出芽率 (A)、苗立率 (B)、枯死率 (C) の推移に与える影響 (実験2).

苗立率は苗丈6 cm以上の生存個体の割合。バーは標準誤差を示す。凡例の表記は品種、浸種温度—緑化温度の順。*は矢印で示した播種後日数において5%水準で浸種温度の効果があることを示す (A, 逆正弦変換後分散分析法)。同じアルファベットは矢印で示した播種後日数において5%水準で緑化温度間に有意差がないことを示す (B, 逆正弦変換後制約付きLSD法)。記号がない場合は、はいみのりにおいて浸種温度、緑化温度の有意な効果がないことを示す (分散分析法)。

(第4図)。しかし、はいみのり種子から催芽期間に溶出した全糖量は26.9 μg 粒⁻¹で13.3 μg 粒⁻¹のヒノヒカリより有意に多かった。

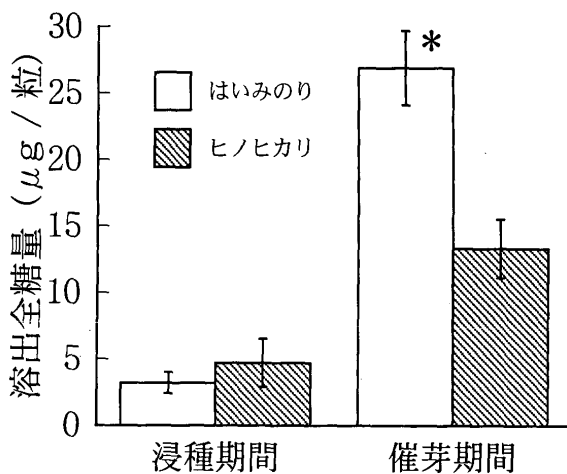
5. 脱穀方法が出芽率および苗立率に与える影響 (実験4)

はいみのりの機械脱穀種子の10 DASの出芽率は75.7%で、手脱穀種子の81.0%と有意差はなかった (第2



第3図 はいみのり苗の播種後46日目の幼芽の形態（調査1）。

図中のバーは1cmを表す。倍率は全て同じ。A:正常, B:極矮小・分げつ, C:葉身よじれ, D:屈曲。



第4図 浸種・催芽期間に種子より溶出する全糖量の品種間差（実験3）。

浸種期間は播種後0～3日、15℃、催芽期間は播種後3～6日、30℃における溶出全糖量の値。バーは標準誤差を示す。*は5%水準でヒノヒカリに対して有意差があることを示す（t検定）。

表)。また、はいみのりの機械脱穀種子の苗立率は48.2%で、手脱穀種子の53.4%と有意差はなかった。脱穀方法に関わらず、はいみのりの3 DASと10 DASの出芽率と苗立率はいずれもヒノヒカリより低かった。

6. 収穫時期が出芽率・苗立率に与える影響（実験5）

はいみのりの収穫時期は20 DAH以降であれば、10 DASにおける出芽率と27 DASにおける苗立率に影響を与えなかった（第3表）。一方、15 DAHに収穫したはい

第1表 はいみのり苗の形態調査（調査1）。

形態	基準 %	割合
正常	幼芽長6 cm以上	25.0
矮小	幼芽長4-6 cm, 分げつなし	25.0
極矮小	幼芽長4 cm未満, 分げつなし	8.8
分げつ	幼芽長4 cm以上, 分げつあり	7.5
極矮小・分げつ	幼芽長4 cm以下, 分げつあり	10.0
葉身よじれ	葉身のよじれ	6.3
屈曲	幼芽が屈曲	8.8
幼芽枯死	根は生きているが, 幼芽は枯死	8.8

播種後46日に調査した。

割合は発芽個体に対する割合。

割合合計が100.2%になるのは、丸め誤差による。

第2表 脱穀方法がはいみのりの出芽率と苗立率に与える影響（実験4）。

品種	脱穀方法	出芽率		苗立率 %
		3 DAS %	10 DAS %	
はいみのり	脱穀機	31.0b	75.7b	48.6b
	手	19.5c	81.0b	53.3b
ヒノヒカリ	脱穀機	81.0a	99.5a	98.6a

DASは播種後日数を示す。

苗立率は27 DASに苗丈が6 cm以上の生存個体の割合。

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す（逆正弦変換後、制約付きLSD法）。

第3表 収穫時期がはいみのりの出芽率、苗立率に与える影響（実験5）。

品種	収穫 時期 DAH	出芽率		苗立率 %
		3 DAS %	10 DAS %	
はいみのり	15	24.0*	60.0*	42.5*
	20	43.3*	90.7	74.2
	30	64.7	98.0	78.2
	45	62.7	93.3	72.5
	55	58.0	89.3	69.7
ヒノヒカリ	45	98.7	99.3	99.3

DASは播種後日数を示す。

DAHは出穂後日数を示す。

苗立率は27 DASに苗丈が6 cm以上の生存個体の割合。

*は、はいみのりにおいて45 DAH収穫と5%水準で有意差があることを示す（逆正弦変換後、Dunnett法）。

みのり種子の出芽率、苗立率は慣行の45 DAHに収穫したはいみのり種子に比べて有意に低かった。はいみのりの各区の出芽率、苗立率はヒノヒカリより低かった。

第4表 育苗資材と播種量がはいみのりの出芽率、苗立率および苗丈に与える影響 (実験6)。

品種	資材	播種量 g / 箱	出芽率 %	苗立率 ¹⁾ %	苗丈 ²⁾ cm
はいみのり	育苗培土	200	70.4	40.4	11.1 (2.6) ³⁾
		270	69.2	37.6	9.4 (2.1)
	ロックウールマット	200	69.6	38.3	13.1 (3.7)
		270	70.2	34.3	11.1 (3.2)
	もみがら成型マット	200	74.6	33.0	12.7 (3.7)
		270	72.7	43.7	11.1 (3.0)
ヒノヒカリ	育苗培土	150	97.7	94.9	16.2 (1.5)
はいみのり	育苗培土	平均	69.8a	39.0a	10.3b
平均・検定	ロックウールマット		69.9a	36.3a	12.1a
			73.7a	38.3a	11.9a
	平均	200	71.5a	37.2a	12.3a
		270	70.7a	38.6a	10.6b

表中の値は播種後29日の測定値。

1) 苗丈6 cm以上の生存個体の割合。

2) 苗丈6 cm以上の生存個体についての測定値。

3) () 内は各処理区内部の標準偏差。

同じアルファベットは5%水準で有意差がないことを示す (出芽率、苗立率は逆正弦変換した。育苗資材は制約付きLSD法、播種量は分散分析法)。

7. 育苗資材と播種量が苗立ち、苗丈、苗マット引張強度に与える影響 (実験6)

育苗資材は、はいみのりの出芽率、苗立率に影響を与えなかった (第4表)。はいみのりのロックウールマット区ともみがら成型マット区の苗丈は平均12.1 cmと平均11.9 cmで育苗培土区の平均10.3 cmより有意に長かった。播種量ははいみのりの出芽率、苗立率に影響を与えなかった。はいみのりの200 g区の苗丈は平均12.3 cmで270 g区の平均10.6 cmより有意に長かった。はいみのり各区の出芽率、苗立率、苗丈はいずれもヒノヒカリより低かった。

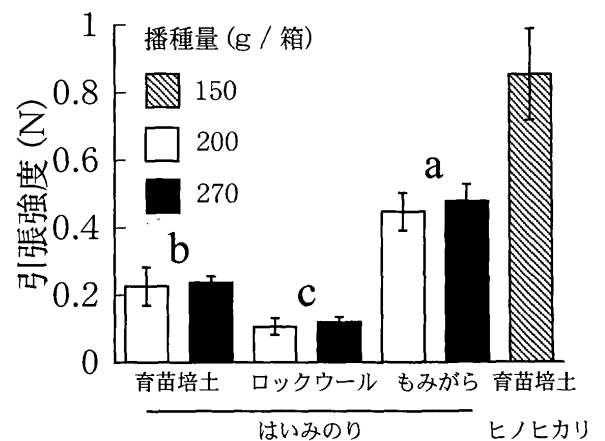
はいみのりのもみがら成型マット区の苗マット引張強度は平均0.46 Nで育苗培土区の平均0.23 Nの2倍、ロックウールマット区の平均0.11 Nの4.2倍であった (第5図)。しかし、はいみのりのもみがら成型マット区の苗マット引張強度はヒノヒカリの0.85 Nの54%であった。播種量については、200 g区の苗マット引張強度は平均0.26 Nで270 g区の平均0.28 Nと有意差はなかった。

はいみのりにおいて苗マット引張強度の強かったもみがら成型マット区の苗立数は、第4表の苗立率と千粒重から計算すると、200 g区では約2800本/箱、270 g区では約5000本/箱であった。

考 察

1. 出芽・苗立ち不良の状況

巨大胚水稻品種はいみのりの出芽・苗立ち不良要因を解明するにあたり、発芽率、出芽率、苗立率を検討した。はいみのりの発芽率は96.7%で問題はなかった (第1図)。しかし、はいみのりの出芽率は低い場合があった。すなわち、はいみのりの出芽率は実験2では平均91.0% (第2



第5図 育苗資材および播種量がはいみのりの苗マット引張強度に与える影響 (実験6)。

引張強度は播種後29日に測定し、苗マット縦方向の値に換算した。播種量は苗箱あたりの乾籾の重量。同じアルファベットは5%水準で育苗資材間に有意差がないことを示す (制約付きLSD法)。播種量には5%水準で有意差がなかった (分散分析法)。

図A)、実験5では20 DAHから55 DAH収穫種子の平均で92.8% (第3表)と低くはなかったが、実験4では平均78.3% (第2表)、実験6では平均71.1% (第4表)と低かった。つまり、発芽はしても出芽しない個体が多い場合が見られた。さらに、はいみのりの苗立率は実験2では平均75.6% (第2図B)、実験4では平均51.0% (第2表)、実験5では20 DAHから55 DAH収穫種子の平均で73.7% (第3表)、実験6では平均37.9% (第4表)で、いずれも低かった。これは、出芽後に枯死する率が平均13.4%と高いためであった (第2図C)。

実験6の出芽率・苗立率が特に低いのは覆土の厚さが1.0 cm~1.5 cmで、他の実験より厚かったためであると

考えられた。実験6以外の実験間における出芽率・苗立率のばらつきは土壤水分や種子ロットごとの奇形発生率の違い等今回検討しなかった実験条件の違いによると思われるが、その解明は今後の課題である。いずれにせよ、はいみのりの出芽率・苗立率は低いだけでなく、変動しやすいといえた。以上、根本ら（2001）が示したように、はいみのりは発芽には問題がないが、出芽率が低くなる場合があることが再確認された。さらに、出芽後に枯死する個体が多いために、苗立率はいっそう低くなることが明らかになった。

2. 出芽・苗立ち不良要因

はいみのりの出芽・苗立ちの不良要因の一つとして、奇形発生率が50.2%と非常に高いことが挙げられた（第1表）。「極矮小」、「極矮小・分げつ」、「屈曲」など苗丈の伸びにくい奇形個体は枯死する場合が多かった。一方、観察によると正常個体は出芽が早く、苗丈の伸長も早かった。そのため、奇形は、はいみのりの出芽・苗立ち不良の一因であると考えられた。なお、「正常」、「極矮小」および「極矮小・分げつ」の個体を水田に移植し観察したところ、出穂期には地上部の形態や大きさに差は認められず、成熟期においてもいずれの個体も正常に稔実していた（注：根本ら 私信）。つまり、苗の時に奇形であった個体でも、生長するにつれて形態は正常と同様になるので、子実生産は行えると考えられる。

はいみのりは催芽期間に種子から溶出する全糖量がヒノヒカリより多かった（第2図）。発芽過程の水稻種子からの可溶性炭水化物の溶出量は貯蔵による発芽率の低下が大きい品種で多いとする報告がある（Ray and Gupta 1979）。一方、Agrawal（1977）は発芽過程で水稻種子から溶出する全糖量の子実中の全糖量に対する割合は貯蔵期間中に増加するが、全糖の溶出と発芽率の低下には関係が見られなかったとした。また、糖の溶出量が多い種子は糸状菌により出芽率が低下したという報告もある（Schroth and Cook 1964, Hayman 1969）。本研究においても、はいみのり種子はヒノヒカリに比べて、シャーレでの発芽試験においても、苗箱内においても、種子への糸状菌の発生や種子の腐敗が多く観察された。これらのことは、はいみのりでは種子から溶出する糖が多いことが、出芽・苗立ち不良と関係している可能性を示唆している。

はいみのりは胚が大きいため、脱穀機による胚への衝撃を通常品種より多く受けることが出芽・苗立ち不良の一因と予想された。しかし、機械脱穀種子と手脱穀種子では最終的な出芽率、苗立率に差は見られなかった（第2表）。手刈り・手脱穀という胚への衝撃が最小の採種方法によってもはいみのりの出芽率、苗立率はヒノヒカリより低かった。胚に対する機械的衝撃はいみのりの出芽率・苗立率が低い原因ではないと考えられた。

3. 田植機適応性のある苗の育苗法

はいみのりの出芽・苗立ちの改善は苗の田植機適応性を向上させる。そこで、はいみのりの出芽・苗立ちを改善する方法として、浸種温度と緑化温度および収穫時期を検討した。浸種温度は23℃に対して15℃にすることによる種子の腐敗防止を目的とし、緑化温度は25℃に対して30℃、32℃と高温にすることによる出芽・生育の促進を目的としたが、浸種温度と緑化温度を変えても出芽率・苗立率を改善できなかった（第2図）。

収穫時期がはいみのりの出芽率・苗立率に与える影響を調べた。15 DAH に収穫したはいみのり種子の出芽率・苗立率は慣行の45 DAH 収穫種子より有意に低かったが、20 DAH 以降に収穫した種子は慣行と有意差がなかった（第3表）。つまり、収穫時期を変えることによるはいみのりの出芽・苗立ちの改善はできなかった。

もみがら成型マットにより苗マット引張強度と苗丈の点で田植機適応性のあるはいみのり苗が得られた。もみがら成型マット区のはいみのり苗マットの引張強度は平均0.46 Nで乳苗の基準値0.29 N（今野・高屋 1991, 津賀ら 1994）よりかなり高く、苗取り板なしで田植機に乗せられる引張強度0.49 N（坂田ら 1993）とほぼ同じであった。一方、育苗培土区の苗マット引張強度は平均0.26 Nで乳苗の基準値より低かった（第5図）。もみがら成型マットの苗マット引張強度は、一般品種では育苗培土と同等（注：グリーンレポート 307:2-3, 313:14）、またはそれ以上（注：粃殻成型マット育苗システム, 2000, 全国農業協同組合連合会）と報告されている。はいみのりは根張りが悪いために苗マット引張強度に対する育苗資材自体の強度の影響が大きく、一般品種に比べてもみがら成型マットと育苗培土の苗マット引張強度の差が大きくなったと考えられる。乳苗栽培では、苗マット強度が弱いと田植機による植え付け精度やハンドリング適性が低いので、不十分な根張りを補って苗マット引張強度を確保できるロックウールマットが推奨されている（坂田ら 1993, 伊藤 1995）。はいみのりにおいても、苗マット引張強度の確保は苗マットのハンドリング適性の向上のみならず、植え付け精度の点からも重要である。本研究では田植機を用いた苗マットの田植機適応性実験は行わなかった。しかし、もみがら成型マットを用いたはいみのり苗マットは苗取り板が不要程度の引張強度を有していたこと、及びもみがら成型マットを用いた苗マットの田植機適応性は育苗培土を用いた苗マットと同等であることから（注：グリーンレポート 307:2-3, 313:14）、もみがら成型マットを用いたはいみのり苗は苗マット引張強度の点で田植機適応性があると考えられた。

育苗培土を用いた場合、はいみのりの苗丈は平均10.3 cmでヒノヒカリの16.2 cmより有意に短かった（第4表）。Hongら（1996）は突然変異処理で作出した巨大胚系統は元品種より生育初期の草丈が劣ると報告した。この

ように、巨大胚品種・系統は生育初期の草丈が一般品種より短い傾向にある。はいみのりの苗丈はもみがら成型マット区では平均11.9 cmになり、育苗培土区の平均10.3 cmより有意に長くなった(第4表)。これは苗箱あたり窒素施肥量がいもがら成型マット区では3.6 gで育苗培土区の1.7 gより多かったためである可能性がある。しかし、もみがら成型マット区で苗丈を慣行の育苗培土区よりも伸ばせた点が重要である。もみがら成型マット使用時のはいみのりの播種量270 g区の苗丈は11.1 cmで200 g区の12.7 cmより短かった(第4表)。一方、はいみのりは苗立率が低く、苗立数は270 g区で約5000本/箱、200 g区で約2800本/箱と推定された。通常、中苗の苗立数は4000~5000本/箱程度であるため、機械移植に必要な苗立数の点から播種量は270 g/箱がよいと考えられた。以上より、もみがら成型マット・播種量270 g区のはいみのり苗マットは苗丈と苗立数の点からも田植機適応性があるものと判断された。

もみがら成型マットは、軽くて、根張りが不良でも苗マットの強度が強い(本島・吉岡 1999)。そのため、もみがら成型マットは稚苗、中苗だけでなく、乳苗(注:グリーンレポート 313:14)、ロングマット(本島・吉岡 1999)、マルチステージ苗(催芽糞を含む種々の育苗期間の苗)(小倉ら 2000)等多様な育苗法に適性が認められている。さらに、もみがら成型マットは無菌に近く(本島・吉岡 1999)、育苗中に糸状菌の発生や種子の腐敗が生じやすいはいみのりに適している。殺菌剤処理と組み合わせることにより、糸状菌の発生や種子の腐敗を最低限に抑えられると考えられる。

播種量は、はいみのりの苗マット引張強度に影響しなかった(第5図)。しかし、稚苗では播種量の増加につれて苗マット引張強度が増加することが報告されている(上野ら 1982)。一方、乳苗では、播種量が増えた場合苗マット形成が良好になる場合もあるものの(今井ら 1988)、苗マット強度は必ずしも増加しない場合が多い(渡部ら 1987, 大隈・原田 1989, 坂田ら 1993, 廣井・小島 1994)。したがって、はいみのりや乳苗のように根張りが悪い場合は播種量の増加による根量の増加では、必ずしも苗マット引張強度は増加しないものと理解された。

4. まとめ

本研究では、はいみのりの出芽・苗立ち不良は発芽後に問題があることを再確認し、出芽後枯死する率が高いことを示した。さらに、はいみのりの出芽・苗立ち不良は奇形発生率の高さが一因であること、および種子から溶出する全糖量の多さが原因である可能性があることを明らかにした。また、もみがら成型マットを利用し、270 g/箱播種することにより苗丈、苗マット引張強度および苗立数の点で田植機適応性のあるはいみのり苗が得られることを示した。しかし、一層安定したはいみのりの育苗のためには、

さらに出芽率・苗立率の変動要因を明らかにする必要がある。

謝辞: 全国農業協同組合連合会の會田重道氏にはもみがら成型マットに関する資料を提供して頂いた。中央農業総合研究センター総合研究第2チームの北川壽氏にはもみがら成型マットを提供して頂いた。近畿中国四国農業研究センター業務第1科の小畑義宏氏には実験に協力して頂いた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- Agrawal, P.K. 1977. Germination, fat acidity and leaching of sugars from five cultivars of paddy (*Oryza sativa*) seeds during storage. *Seed Sci. Technol.* 5: 489-498.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.
- Hayman, D.S. 1969. The influence of temperature on the exudation of nutrients from cotton seeds and on preemergence damping-off by *Rhizoctonia solani*. *Can. J. Bot.* 47: 1663-1669.
- 廣井清貞・小島元 1994. 水稻乳苗の生育特性解析. 愛知農総試研報 26: 47-54.
- Hong, S.K., H. Kitano, H. Satoh and Y. Nagato 1996. How is embryo size genetically regulated in rice? *Development* 122: 2051-2058.
- 今井良衛・成保俊一・佐々木康之・小出道雄・長沢裕慈・高野隆 1988. 水稻の出芽苗移植栽培に関する研究. 第1報 出芽苗の育苗法. 新潟農試研報 36: 1-8.
- 伊藤十四英 1995. 乳苗の条件と育苗の基本. 農文協編, 乳苗稲作の実践. 農文協, 東京. 23-75.
- 今野一男・高屋武彦 1991. 寒地における水稻の乳苗移植栽培. 農業技術 46: 407-411.
- 本島修・吉岡政利 1999. リサイクル軽量化資材「もみがら成型マット」と育苗技術の開発. 農業機械学会主催シンポジウム第4回テクノフェスタ資料. 農業機械学会, 大宮. 14-21.
- 根本博・飯田修一・前田英郎・石井卓朗・中川宣興・星野孝文・坂井真・岡本正弘・篠田治躬 2001. 巨大胚新水稻品種はいみのりの育成. 中国農試研報 22: 25-40.
- 小倉昭男・北川壽・屋代幹雄 2000. マルチステージ苗の育苗・移植技術の開発. 農機講要 59: 37-38.
- 岡田忠司・杉下朋子・村上太郎・村井弘道・三枝貴代・堀野俊郎・小野田明彦・梶本修身・高橋励・高橋丈夫 2000. γ -アミノ酪酸蓄積脱脂コメ胚芽の経口投与における更年期障害及び初老期精神障害に対する効果. 食科工 47: 596-603.
- 大隈光善・原田皓二 1989. 短期苗利用による低コスト稲作技術. 福岡農総試研報 A9: 33-36.
- Ray, M.D. and K. Gupta 1979. Effect of storage of rice seeds on solute leaching and nucleic acid synthesis. *Indian J. Agric. Sci.* 49: 715-719.
- 齊藤満保・後藤雄佐・松森一浩・山本由徳 1995. 乳苗の出芽器内緑化育苗法と機械移植適応性. 日作紀 64: 734-739.
- 坂田雅正・松岡寿充・猪野亜矢・山岸淳 1993. 早期栽培における水稻乳苗機械移植栽培法. 高知農技セ研報 2: 55-64.
- Schroth, M.N. and J. Cook 1964. Seed exudation and its influence

- on pre-emergence damping-off of Bean. *Phytopathology* 54: 670—673.
- 上野正美・江崎春雄・湯沢昭太郎・余田章 1982. 苗マットの引張・圧縮・せん断に関する研究. (第1報) —引張・圧縮特性について—. *農機誌* 44: 23—30.
- 津賀幸之介・小西達也・市川友彦・堀尾光広・吉田清一・千葉哲朗・柿沼昭次 1994. 乳苗の田植機適応性に関する研究. *農機研報* 28: 67—79.
- 渡部昭・神保恵志郎・横尾信彦・東海林寛・山崎栄三 1987. 短期密播苗の育苗法と生育の特徴. *山形農試研報* 22: 17—29.

Nursery Method for Mechanical Transplanting of Giant-embryo Rice Cultivar 'Haiminori': Hiroyuki SHIRATSUCHI, Yoichi OHDAIRA and Jun-ichi TAKANASHI (*Natl. Agr. Res. Cent. for Western Region, Fukuyama 721-8514, Japan*)

Abstract: Factors adversely affecting seedling emergence and establishment of giant-embryo cultivar 'Haiminori' were studied and a nursery method for mechanical transplanting was developed. In 'Haiminori', the germination rate was 96.7%, but a low seedling emergence rate (69.2%) and low establishment rate (33.0%) were sometimes recorded. This suggested that 'Haiminori' was inferior in seedling growth after germination. The low seedling emergence rate and establishment rate were attributed to a high malformation rate (50.2%) and large amount of sugar exudation from the seeds during germination. However, threshing damage to the large embryos affected neither the seedling emergence rate nor establishment rate. Neither seedling emergence rate nor establishment rate of 'Haiminori' were improved by changing imbibition and greening temperature, harvest time, nursery media, and sowing rate. Seedling height in chaff mats was higher than in soil. In the chaff mats, the tensile strength of the seedling mats was 0.46 N, twice as strong as 0.23 N in soil. A sufficient number of seedlings was obtained at a sowing rate of 270 g per nursery box. In conclusion, 'Haiminori' was inferior in seedling growth after germination, which was mainly attributed to a high malformation rate and large amount of sugar exudation from the seeds. Seedling mats suitable for mechanical transplanting were obtained with the chaff mats and at a sowing rate of 270 g per nursery box.

Key words: Chaff mat, Giant-embryo, Haiminori, Rice, Seedling emergence, Seedling establishment, Tensile strength of seedling mat.