

巨大胚水稻品種「越車」における育苗法の検討

小林和幸^{1,2)}・高橋能彦³⁾・福山利範³⁾

(¹⁾ 新潟県農業大学校農学部稲作経営科, ²⁾ 新潟大学大学院自然科学研究科, ³⁾ 新潟大学農学部)

要旨：新潟県が開発した巨大胚水稻品種「越車」の育苗における殺菌剤の施用、加温出芽、プール育苗及び播種量について検討し、機械移植による苗の植え付け精度を調査して、その実用性を評価した。「越車」の種子発芽率は98%であったが、これを育苗床土中に播種したところ、その正常出芽率は67%に低下した。育苗時における殺菌剤の施用及び濃度を検討したが、「越車」の出芽率及び苗立ち率を向上させる効果は認められなかった。出芽、育苗方法及び播種量を検討した結果、加温出芽の効果は小さかったが、プール育苗では「越車」の草丈や根長が増し、苗マット強度も高まる効果が認められた。「越車」において、慣行育苗体系並の苗立ち数を確保するためには、乾籾300 g/箱以上の播種が必要であった。乾籾300 g/箱播種、無加温出芽、プール育苗によって養成した「越車」の稚苗は、「コシヒカリ」と同等の正常苗立ち数及び実用上十分な苗マット強度を有していた。この苗を機械移植し、植え付け精度を調査した結果、欠株率は9.3%に達し、「コシヒカリ」の約4倍であった。不出芽籾が植え付け部位に停滞し、浮き苗の発生原因となっている可能性が考えられた。今後、欠株の発生率を減らす育苗技術についてのさらなる検討が必要と考えられた。

キーワード：育苗法、植え付け精度、機械移植適応性、巨大胚、越車、水稻、プール育苗。

巨大胚品種は胚芽の重量が一般米品種の数倍あり、玄米を水に浸漬するとアミノ酸の一種であるγ-アミノ酪酸（以下、GABAと略）が一般米品種の2～4倍多く生成される（Saikusaら1994a, b）。GABAは、抑制的な生理作用を誘起させる脳内神経伝達物質として知られ、血圧上昇の抑制（斉藤ら1995）や、更年期障害及び初老期神経障害の改善（岡田ら2000）などの薬理効果が報告されている。このため、通常品種よりGABAを多く生成する巨大胚品種には、消費者の健康志向に応える機能性食品素材としての利用が期待されている。

これまで、巨大胚品種として、農業・生物系特定産業技術研究機構より、「はいみのり」（根本ら2001）、「めばえもち」（上原ら2003）、「恋あずさ」（遠藤ら2006）、「はいいぶき」（松下ら2007）が育成されている。一方、新潟県作物研究センターにおいても、新潟県での栽培に適した巨大胚品種の開発を目的として、1991年に巨大胚系統の「北海269号」を母、早生多収品種の「新潟早生」を父とする交配を行い、2001年にその雑種後代より「越車」を育成した（小林2004）。

これらの巨大胚品種は、一般米に比べ、育苗時の出芽率が低く、苗立ちが不齊なことから、機械移植に適応性のある苗の安定的な生産が共通の問題点として指摘されているが、最近、「はいみのり」の育苗に関して、もみがら成型マットを使用し、乾籾270 g/箱を播種することにより、機械移植に適応できることが報告され（白戸ら2002）、「めばえもち」、「恋あずさ」、「はいいぶき」についても、播種量の増加や適切な覆土深、加温出芽によって、上述の問題点が改善できると報告されている（上原ら2003、遠藤ら

2006、松下ら2007）。さらに、白戸ら（2002）によると、「はいみのり」は催芽期間中に種子から溶出する全糖量が多いことから、糸状菌の発生や種子の腐敗が生じやすく、育苗時における殺菌剤処理も有効であることが示唆された。

一方、新潟県が開発した「越車」については、これまで機械移植に適応できる育苗法が確立されておらず、新潟県内における普及上の課題となっている。さらに「越車」は、極短稈、短穂、穂数型で千粒重も軽いなど、既存の巨大胚品種とは形態の特性が大きく異なることから、「越車」に最も適した育苗方法と「越車」の機能性を最大限に発揮させる栽培管理技術の確立が強く求められている。

本研究では、「越車」の育苗における殺菌剤の施用、加温出芽、プール育苗の効果及び播種量を検討した。さらに、好適条件で育苗した苗の植え付け精度を調査し、その実用性について検討した。

材料と方法

1. 供試種子及び試験実施年次

後述する試験1から試験3は、2005年に新潟県作物研究センター（長岡市）で採種した種子を供試し、2006年4～6月に新潟県農業大学校（新潟市）で実施した。実用化実証試験は、2006年に同校で採種した種子を供試し、2007年に同校圃場で実施した。なお、「越車」の籾千粒重は2005年産種子が19.6 g、2006年産種子が20.1 gであった。比較対照品種として用いた「コシヒカリ」及び「こしいぶき」は新潟市内で生産された種子を用いた。

2. 試験 1. 種子発芽及び出芽試験

(1) 試験 1-1. 種子発芽率

直径 9 cm のガラスシャーレに蒸留水で湿らせた濾紙（アドバンテック東洋製，No. 2，90 mm）を敷き，「越車」及び「コシヒカリ」の乾籾各 100 粒を播種し，蓋をして 30℃ の人工気象器内に静置した．区制は 3 反復の乱塊法とした．幼芽長及び幼根長が 2 mm 以上になったものを発芽種子とし，発芽種子の粒数を 24 時間おきに調査した．

(2) 試験 1-2. 出芽率及び発芽状態

市販の育苗培土（ホーネンアグリ製，水稻育苗床土用無肥料焼土）をプラスチックケース（長さ 17.5×幅 8.5×高さ 3.5 cm，下部に排水孔有り）に 2.5 cm の厚さで充填し，蒸留水で十分に灌水したのち，同一のケース内に「越車」，「コシヒカリ」をそれぞれ 1 列 10 粒で 5 列（各品種 50 粒），列幅 1.7 cm で播種した．種子は，浸種，催芽処理を行い，発芽程度（幼芽長及び幼根長 2 mm）が同じになるよう選んで播種した．播種後，同一の育苗培土を 0.5 cm の厚さで覆土し，十分に灌水したのち，32℃ で 2 日間静置した．その後，25℃ 恒温条件，約 $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 連続照明下の人工気象器内で管理し，灌水を 48 時間間隔で行った．器内湿度の制御はしなかった．播種 10 日後に出芽率を調査した．出芽率は覆土表面より出芽が確認できた種子粒数の割合とした．さらに，出芽しなかった種子を土中より取り出し，その状態を観察した．区制は 3 反復の完全無作為法とした．

3. 試験 2. 殺菌剤が出芽・苗立ちに及ぼす影響

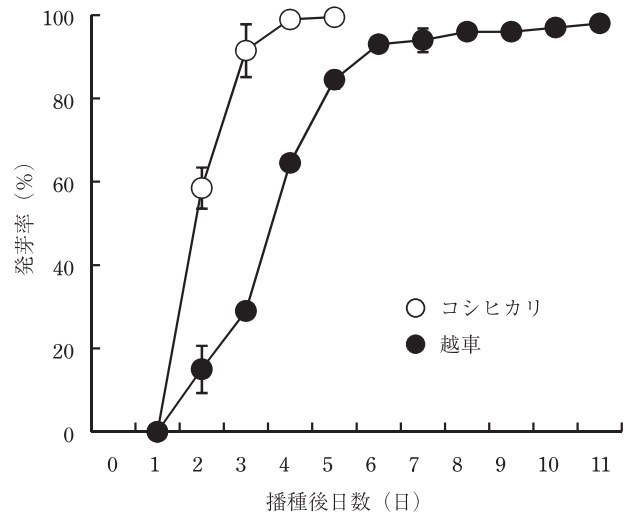
(1) 試験 2-1. 人工気象器内試験

試験 1-2 の方法で「越車」及び「コシヒカリ」を播種し，人工気象器内で管理した．白戸ら（2002）によると，巨大胚水稻品種「はいみのり」において，種子から溶出する糖類に由来する糸状菌の繁殖が，出芽・苗立ち不良の原因となっている可能性が示唆されていることから，本研究では殺菌剤として，次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いた．

播種直後より 48 時間間隔で各濃度（対照 0，50，100，500，1000 ppm；成分濃度）に調製した次亜塩素酸ナトリウム溶液を 150 mL / ケース（1 mL cm²）灌注し，播種後，72 時間間隔で出芽率及び苗立ち率を調査した．最終調査日（播種 15 日後）に，白戸ら（2002）の報告を参考として，苗の形態を調査するとともに，出芽しなかった種子を土中より取り出し，その状態を観察した．苗立ち率は既報（白戸ら 2002）に従い，苗丈 6 cm 以上の生存個体の割合とした．区制は 3 反復の完全無作為法とした．

(2) 試験 2-2. 育苗ハウス内試験

育苗用床土（N：P₂O₅：K₂O=1.2：1.8：1.5 g / 箱）を 2.0 cm の厚さに充填した水稻移植用育苗箱（ニューキダ式・テトラカット育苗箱，第一ビニール社製）に，浸種，催芽処理を行った鳩胸状態の種子（乾籾換算で 1 箱当たり 150 g）を均一に播種後，無肥料の育苗培土を 0.5 cm の厚



第 1 図 種子発芽率の推移（試験 1-1）．

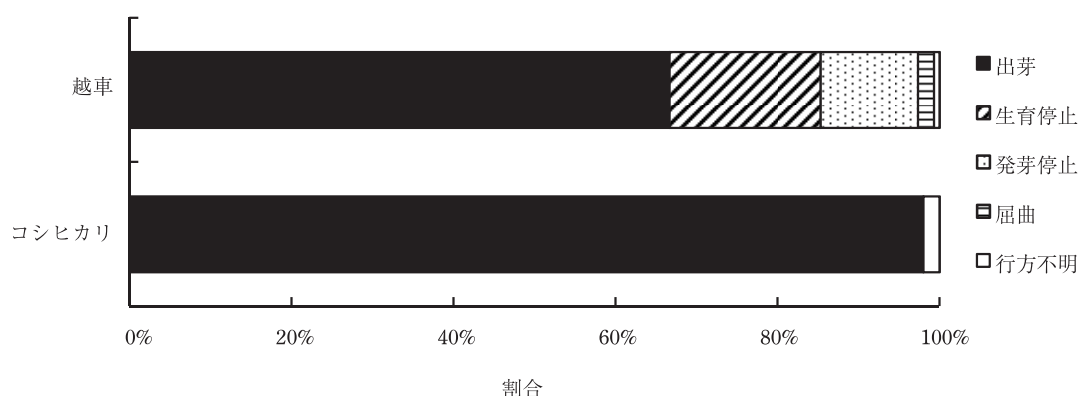
ガラスシャーレ使用，各品種 3 反復供試，人工気象器内管理．2006 年 4 月 5 日置床，播種量は各 100 粒 / シャーレ．エラーバーは標準偏差を示す．

さで覆土した．播種直後より灌水を兼ねて，調製した次亜塩素酸ナトリウム溶液（100 ppm）を 24 時間間隔で全面に灌注した．対照区，試験区とも 2 反復とし，水稻育苗ハウス内で無加温出芽，平置き育苗（慣行育苗体系：遮光用シート及び保温用シートの二重被覆）を行い，播種 23 日後に苗質を以下の方法で調査した．

畑作物定植用のマルチビニール穴開け器（ステンレス製，直径 8 cm）により，育苗箱の中央付近の苗を培土ごと円形に切断し，根を保護しながら育苗箱より取り出した．この断片の苗丈 6 cm 以上の苗の個体数（正常苗立ち数）を計測し，cm² 当たりの苗立ち密度を算出した．また，播種量及び籾千粒重より播種粒数を算出し，正常苗立ち率を推定した．次に，苗断片の床土を丁寧に洗い流し，地上部及び籾を完全に除去した．これを 70℃ で 24 時間乾燥後に秤量し，cm² 当たりの地下部乾物重を算出した．

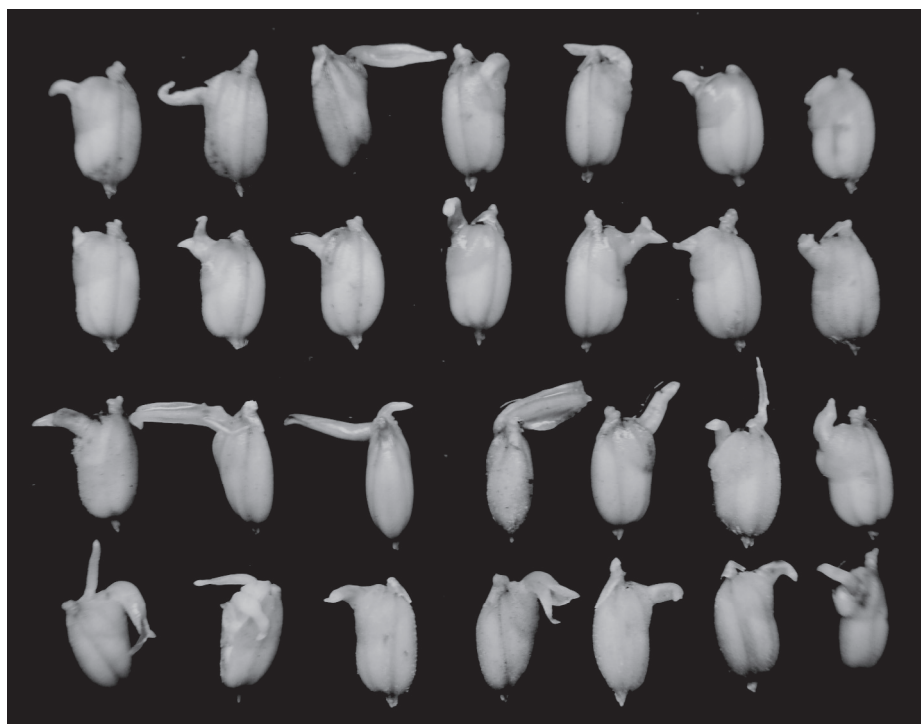
正常苗 30 個体について苗丈を計測した後，不完全葉を第 1 葉として，葉齢，第 2 葉鞘長を調査した．これらの中から 10 個体を無作為に選び，発生根数と最長根長を調査した．さらに，正常苗 100 個体を 70℃，24 時間乾燥後に秤量し，1 個体当たりの地上部乾物重を求め，この値を草丈で除したものを充実度とした．

上記試験とは別に，育苗箱の中央部分より 15 × 10 cm の断片を切り出し，苗を地際から 2～3 mm の高さで切断したのについて，上野ら（1982）の方法に準拠して，苗マット引っ張り強度（以下，苗マット強度と略）を測定した．応力の測定には，デジタルフォースゲージ（DPS-50，イマダ社製）を用い，測定単位（kgf）をニュートン（N）に変換した（1 kgf=9.80665 N）．



第2図 播種10日後の出芽率と不出芽種子の状態（試験1-2）。

プラスチックケース使用，各品種3反復供試，人工気象器内管理．播種2006年4月5日，播種10日後の調査結果．



第3図 発芽後生育を停止した種子（試験1-2）。

プラスチックケース使用，人工気象器内管理．播種2006年4月5日，播種10日後の状態．

4. 試験3. 育苗方法，出芽方法及び播種量が出芽・苗立ち及び苗質に与える影響

育苗方法は平置き及びプール育苗の2水準，出芽方法は蒸気出芽庫での加温，及び無加温の2水準とした．播種量は1箱当たり乾籾100，150，300，450gの4水準とし，100g/箱の区は手播き，それ以外は150g/箱の投下量に設定した播種機に，それぞれ1回，2回，3回通過させて播種した．殺菌剤は施用しなかった．

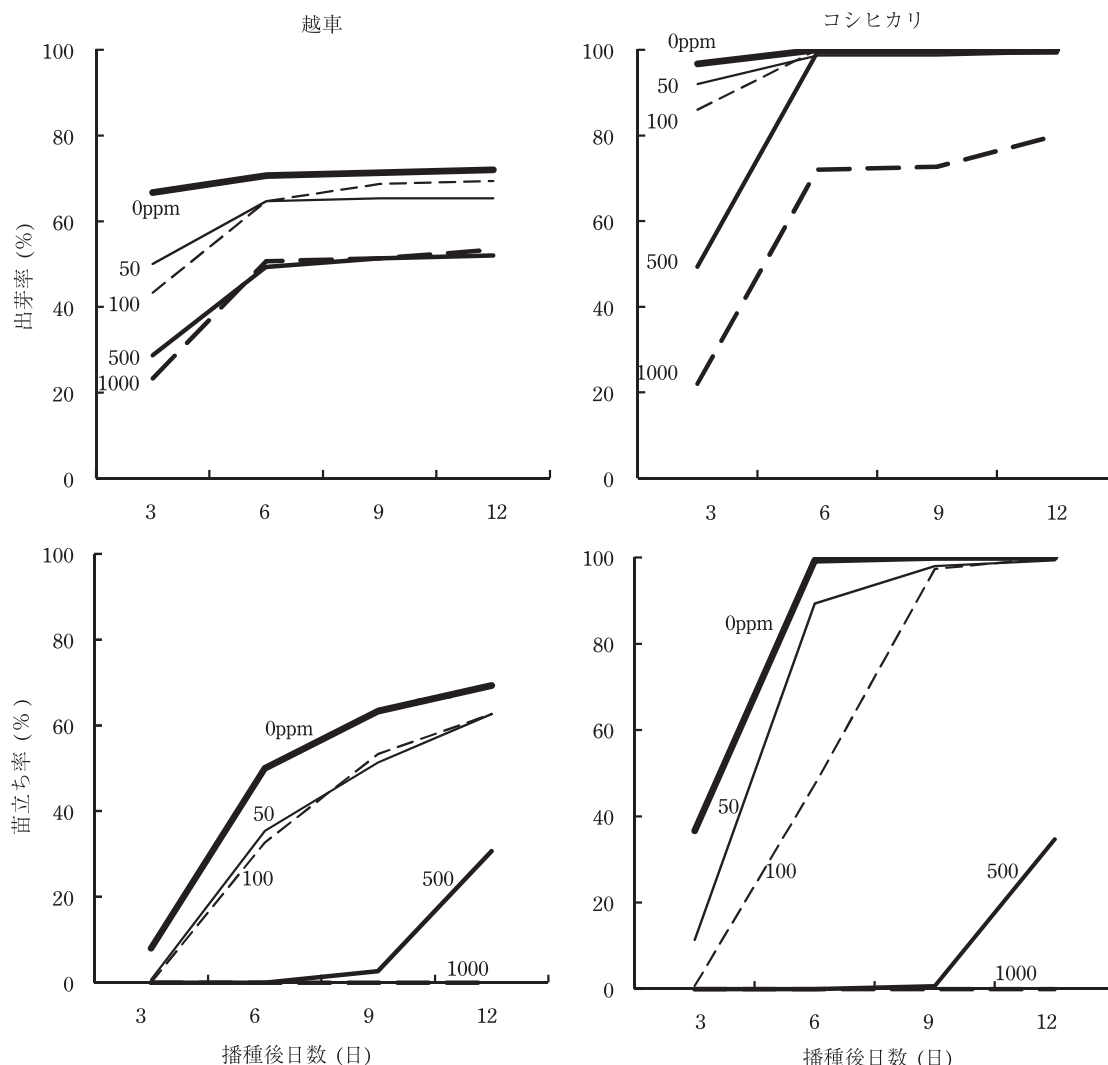
1区につき育苗箱を1枚供試し，各処理の効果を分散分析で検討した．育苗は水稻育苗用のビニルハウスで行い，試験2-2に示した育苗資材を用いた．無加温，平置き，乾籾140g/箱で育苗した「こしいぶき」及び「コシヒカリ」

を比較対照（慣行育苗体系）とし，播種23日後に試験2-2と同じ方法及び項目で苗質を調査した．

5. 実用化実証試験

試験1～3で得られた好適な育苗条件で「越車」を育苗し，2007年5月17日に，条間30.0cm，株間17.5cm，栽植密度18.8株/m²に設定した乗用型6条田植機（PGV63 DTF，井関農機製）を用いて約1a（短辺3.6×長辺27.7m）移植した．慣行育苗体系で育苗した「コシヒカリ」も同様に移植し，それぞれ植え付け精度を調査した．

植え付け精度については，欠株率及び植え付け本数のばらつきを調査した．欠株率は10条の平均値とし，1条



第4図 殺菌剤の濃度と出芽率及び苗立ち率の推移 (試験 2-1)。

プラスチックケース使用, 人工気象器内管理. 播種 2006 年 4 月 16 日, 殺菌剤として次亜塩素酸ナトリウム水溶液 (150 mL/ ケース) を 48 時間おきに灌注, 各 3 反復で供試. 苗立ち率は草丈 6 cm 以上の生存個体の割合.

20 m 間の欠株数を計測した. さらに各条について, 連続した 10 株を任意に選び, 一株内に含まれる正常苗 (草丈 6 cm 以上) の本数を数えることにより, 植え付け本数のばらつきを調査した. 調査は移植 1 週間後に実施した.

結 果

1. 試験 1. 種子発芽及び出芽試験

(1) 試験 1-1. 種子発芽率

「越車」の最終的な種子発芽率は 98.0% で, 99.5% の「コシヒカリ」と有意差はなかった. しかし, 「越車」は「コシヒカリ」に比べ発芽に時間がかかり, 「コシヒカリ」の発芽率と比較して, 播種 2 日後の段階で 48 時間程度, 5 日後では 72 時間程度遅れる傾向が認められた (第 1 図).

(2) 試験 1-2. 出芽率及び発芽状態

「コシヒカリ」の出芽率は 98.0% で, 種子発芽率に比べて僅かに劣ったものの, 実用上問題のない値を示した. 一方, 「越車」の出芽率は 66.7% で, 「コシヒカリ」より大

幅に劣り, 種子発芽率より 30% 以上も下回る値を示した (第 2 図). 不出芽種子を土中より取り出し, その状態を観察したところ, 「越車」においては, 芽が覆土表面まで到達せず, 途中で生育を停止してしまった種子が 18.7%, 播種時より幼芽及び幼根の伸長が全く認められない種子が 12.0% 発生し, これらが不出芽の主要因であった (第 2 図, 第 3 図). 本試験においては, 種子への糸状菌の発生や種子の腐敗は観察されなかった.

2. 試験 2. 殺菌剤の施用及び濃度が出芽, 苗立ちに及ぼす影響

(1) 試験 2-1. 人工気象器内試験

試験 1-2 の結果と同様, 無施用区の「越車」の出芽率は 70% を下回った (第 4 図). 殺菌剤の処理により, 「越車」, 「コシヒカリ」ともに出芽率の低下が認められ, 特に 500 及び 1000 ppm でその傾向が顕著であった. 50 及び 100 ppm 溶液については, 播種 6 日後には両品種ともほぼ無施用区の

第1表 殺菌剤の濃度と苗の形態及び不出芽率（試験2-1）.

	薬液濃度 (ppm)	苗の形態					不出芽	
		正常	生育遅延	多分げつ	よじれ	屈曲	発芽停止	不明
越車	0	69.4	2.0	1.3	0.0	0.0	26.0	1.3
	50	61.3	6.7	0.7	0.0	0.0	31.3	0.0
	100	60.7	7.3	0.7	0.7	0.7	30.0	0.0
	500	30.7	24.7	0.0	0.0	0.0	44.0	0.7
	1000	0.0	60.7	0.0	0.0	0.7	38.7	0.0
コシヒカリ	0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	100	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	500	54.6	40.7	2.0	0.0	0.0	2.0	0.7
	1000	0.0	85.3	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0

表中の単位は%. プラスチックケース使用, 人工気象器内管理. 播種 2006 年 4 月 16 日, 播種 15 日後の調査結果. 苗形態の分類は白戸ら (2002) に準拠. 各区 3 反復供試.

第2表 殺菌剤施用の有無が苗質に及ぼす影響（試験2-2）.

試験区	草丈 (cm)	第二葉 鞘長 (cm)	葉齢 (葉)	根数 (本)	根長 (cm)	正常 苗立ち数 (本/cm ²)	正常 苗立ち率 (%)	地上部 乾物重 (mg/本)	充実度 (mg/cm)	地下部 乾物重 (mg/cm ²)	苗マット 強度 (N)
施用	13.4	2.9	4.6	12.4	7.8	2.1	49.2	17.3	1.3*	11.2	31.2
無施用	13.1	3.2	4.5	13.4	8.0	2.1	50.3	19.0	1.5	11.9	36.9

水稻育苗箱使用, 各区 2 反復供試, 水稻育苗用ビニルハウス内での稚苗無加温育苗における苗質の調査結果. 播種 2006 年 4 月 30 日, 調査 2006 年 5 月 23 日, 播種量 150 g/箱. 殺菌剤として次亜塩素酸ナトリウム 100 ppm 水溶液 (500 mL/育苗箱) を 48 時間おきに灌注. 正常苗立ち率は初千粒重 19.6 g で推定 (4.3 粒/cm 播種). * は 5% 水準で有意差あり (分散分析法による. 正常苗立ち率は逆正弦変換後).

レベルにまで回復したが, 殺菌剤の施用による出芽率の向上効果は認められなかった.

殺菌剤の処理により, 「越車」, 「コシヒカリ」とともに生育の遅延が認められ, 500 及び 1000 ppm 溶液における草丈 6 cm 以上の苗の苗立ち率は, 無施用区の 50% 以下となり, 顕著な薬害が認められた (第 4 図). 50 及び 100 ppm 溶液の施用における「コシヒカリ」の苗立ち率は, 播種 9 日後にはほぼ無施用区のレベルにまで回復したが, 「越車」については, 調査終了時点に至るまで無施用区を下回った.

播種 15 日後に出芽苗の形態を調査した結果, 「越車」は「コシヒカリ」に比べ, 薬害と考えられる生育遅延個体の発生率が高く, 多分げつやよじれ, 屈曲などの奇形の発生も認められた. また, 不出芽種子を土中より取り出し, その状態を観察したところ, 500 ppm 以上の薬液濃度では, 両品種ともに発芽阻害が顕著に認められた. 一方, 0~100 ppm の薬液濃度では差が認められず, 「越車」の不出芽率は約 30% であった (第 1 表). 以上の結果から, 次亜塩素酸ナトリウム溶液の濃度を 100 ppm として試験 2-2 を実施した.

(2) 試験 2-2. 育苗ハウス内試験

殺菌剤施用区の苗は無施用区に比べ, 充実度が有意に劣ったが, それ以外の項目では, 施用区と無施用区との間に有意差は認められなかった (第 2 表).

試験 2-1 及び 2-2 より, 「越車」の出芽, 苗立ちの向上に

対する殺菌剤の施用効果を確認できなかったため, 以降の試験には殺菌剤を使用しなかった.

3. 試験 3. 育苗方法, 出芽方法及び播種量が苗質に与える効果

第 3 表に分散分析の結果を示す. 育苗方法の違いは, 苗の地上部においては草丈, 第 2 葉鞘長, 葉齢, 充実度に対して, 地下部においては根長, 苗マット強度に対して有意な効果が認められた. 出芽方法の違いは草丈, 地上部乾物重, 充実度, 苗マット強度に, 播種量の違いは草丈, 葉齢, 正常苗立ち数, 地上部乾物重, 充実度, 地下部乾物重, 苗マット強度に対して有意な効果が認められた. 充実度及び苗マット強度については, 各処理単独の効果だけでなく, 交互作用の全てが有意であった (第 3 表).

第 4 表は機械移植に適応できる苗の特性として重要と考えられる草丈, 充実度, 正常苗立ち数及び苗マット強度について, 各処理の効果の程度を見たものである. 苗の主要特性については, 育苗方法及び播種量の効果が大きく, 出芽方法の効果及び交互作用は小さかった. 草丈では播種量より育苗方法の効果が大きかったが, 充実度, 正常苗立ち数及び苗マット強度については, いずれも播種量の効果が大きく, 「越車」の育苗において播種量が極めて重要な要素であることが確認された (第 4 表).

第3表 育苗方法、出芽方法及び播種量が苗質に与える効果 (試験3)。

	草丈 (cm)	第二葉 鞘長 (cm)	葉齢 (葉)	根数 (本)	根長 (cm)	正常 苗立ち数 (本/cm ²)	正常 苗立ち率 (%)	地上部 乾物重 (mg/本)	充実度 (mg/cm)	地下部 乾物重 (mg/cm ²)	苗マット 強度 (N)
育苗方法 (A)	**	*	*	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	**
分散分析 出芽方法 (B)	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**
播種量 (C)	*	ns	**	ns	ns	**	ns	**	**	**	**
(A) × (B)	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	**
交互作用 (A) × (C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	ns	**
(B) × (C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
越車 (総平均)	12.1	3.2	4.3	12.2	8.5	2.5	36.8	15.4	1.3	13.8	24.8
比) こしいぶき	13.9	3.3	4.0	11.4	5.5	2.9	91.4	14.9	1.1	14.1	36.2
比) コシヒカリ	13.0	3.7	3.6	8.9	7.3	3.0	94.9	13.1	1.0	17.2	48.8

水稻育苗箱使用、各区1反復供試、水稻育苗用ビニルハウス内管理、播種2006年5月20日、調査2006年6月12日、殺菌剤は無施用。正常苗立ち率の推定方法は第2表脚注に同じ。*, ** はそれぞれ5, 1%水準で有意性あり、nsは有意性なし (分散分析法による、正常苗立ち率は逆正弦変換後)。

草丈、充実度、正常苗立ち数及び苗マット強度について、各処理の効果を慣行育苗体系で養成した「コシヒカリ」及び「こしいぶき」と比較した (第5図)。その結果、草丈は平置き育苗、加温出芽及び乾籾450g/箱播種で比較品種より劣り、充実度は播種量が増加するにつれて低下する傾向が認められた。正常苗立ち数は育苗方法や出芽方法に比べ、播種量の影響が顕著であり、比較品種並の苗立ち数を確保するためには、乾籾300g/箱以上の播種が必要であった。苗マット強度はいずれも比較品種の値を下回ったが、播種量の増加に伴ってその値は高まる傾向が認められた (第5図)。

以上の結果から、「越車」の育苗では、「プール育苗」が草丈や根長を伸長させるとともに、苗マット強度を高める効果が高く、苗質の向上に有効であると判断された。出芽方法は、他の要因よりその効果が小さいこと、また育苗作業全体の低コスト・省力化の観点から「無加温出芽」が望ましいと判断された。播種量については、慣行育苗体系並の苗立ち数の確保には乾籾300g/箱以上の播種が必要であるが、450g/箱では草丈が短くなること、出芽時の育苗床土の持ち上がりが著しいことから、「300g/箱播種」が望ましいと判断された。

4. 実用化実証試験

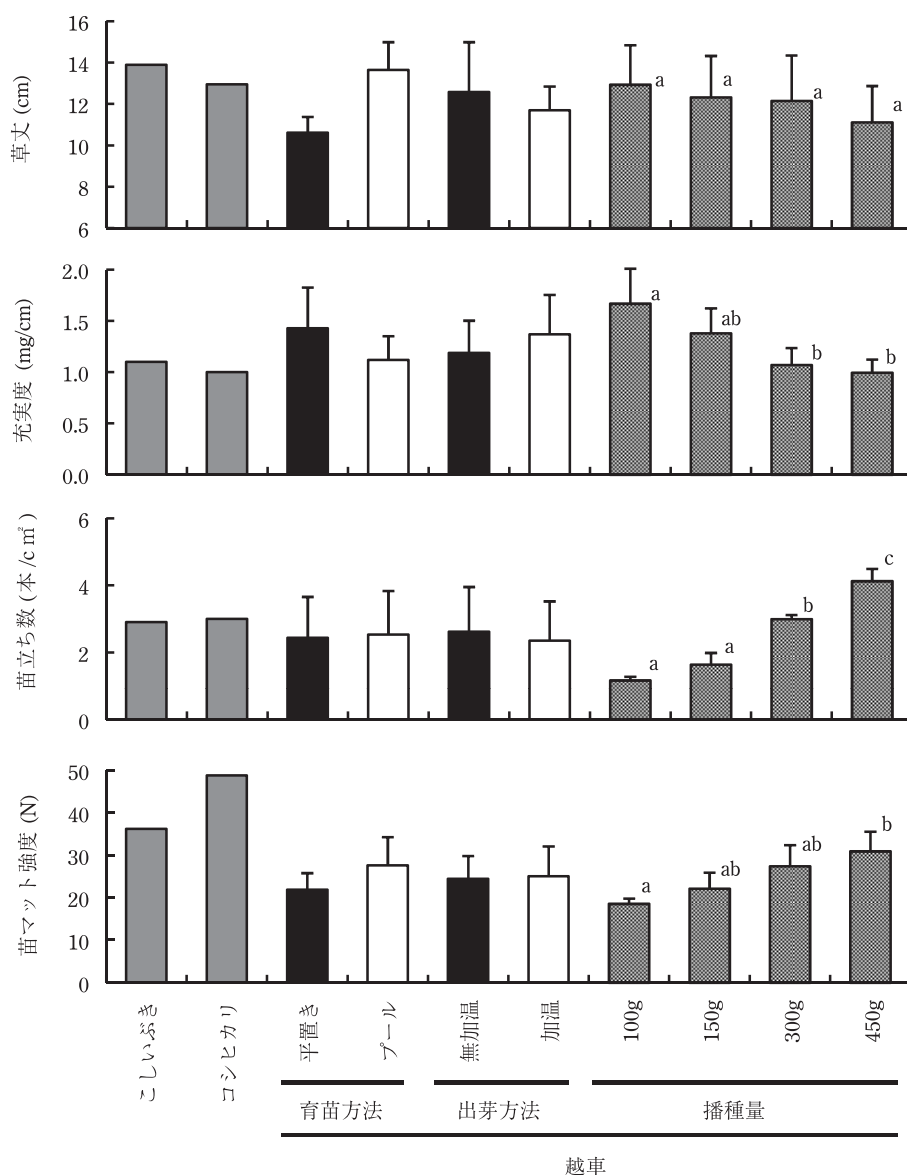
試験3の結果に基づいて播種、育苗した「越車」の苗質を第5表に示す。「越車」の移植苗 (稚苗) は、「コシヒカリ」と葉齢は同じであったが、草丈、第2葉鞘長ともに短く、やや小振りな苗状であった。正常苗立ち率は約40%と低かったが、正常苗立ち数は「コシヒカリ」と同等であった。苗マット強度は「コシヒカリ」の70%程度の値であったが、苗取り板を使用しなくても育苗箱から成型のまま取り出すことができ、移植機へのセットに十分な強度を有していた。

第6表は機械移植1週間後に、「越車」及び「コシヒカリ」の欠株率及び植え付け本数を調査した結果である。「越車」

第4表 苗の主要特性における分散分析表 (試験3)。

特性	要因	自由度	分散比	寄与率 (%)
草丈	育苗方法 (A)	1	184.5**	68.7
	出芽方法 (B)	1	15.6*	5.8
	播種量 (C)	3	11.5*	12.8
	A × B 交互作用	1	24.5*	9.1
	A × C 交互作用	3	0.1ns	0.1
	B × C 交互作用	3	2.0ns	2.2
	誤差	3		1.1
充実度	育苗方法 (A)	1	633.2**	21.0
	出芽方法 (B)	1	223.5**	7.4
	播種量 (C)	3	619.3**	61.7
	A × B 交互作用	1	15.4*	0.5
	A × C 交互作用	3	63.4**	6.3
	B × C 交互作用	3	30.1**	3.0
	誤差	3		0.1
正常苗立ち数	育苗方法 (A)	1	1.2ns	0.2
	出芽方法 (B)	1	9.7ns	1.3
	播種量 (C)	3	242.4**	96.2
	A × B 交互作用	1	2.2ns	0.3
	A × C 交互作用	3	1.1ns	0.4
	B × C 交互作用	3	3.0ns	1.2
	誤差	3		0.4
苗マット強度	育苗方法 (A)	1	8798.4**	24.0
	出芽方法 (B)	1	112.4**	0.3
	播種量 (C)	3	8044.8**	65.9
	A × B 交互作用	1	1011.2**	2.8
	A × C 交互作用	3	776.8**	6.4
	B × C 交互作用	3	78.1**	0.6
	誤差	3		0.0

*, ** はそれぞれ5, 1%水準で有意性あり、nsは有意性なし (分散分析法による)。



第5図 育苗方法、出芽方法及び播種量が主要特性に及ぼす効果 (試験3)。

値は各調査水準における平均値，エラーバーは標準偏差を示す。播種量において異なる英小文字間には Scheffe 法による多重比較で5%水準の有意差あり。

第5表 実用化実証試験に用いた移植苗の性状。

品種	草丈 (cm)		第2葉鞘長 (cm)		葉齢 (葉)		正常	正常	地上部	充実度	地下部	苗マット
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	苗立ち数 (本/㎡)	苗立ち率 (%)	乾物重 (mg/本)	(mg/cm)	乾物重 (mg/cm ²)	強度 (N)
越車	12.3	1.6	3.0	0.6	3.4	0.4	3.3	40.1	12.6	1.0	12.5	31.2
コシヒカリ	13.8	1.1	3.9	0.4	3.5	0.3	3.3	94.5	15.9	1.2	13.9	47.7

播種 2007 年 4 月 24 日，調査 2007 年 5 月 15 日。コシヒカリは無加温出芽，平置き育苗，乾籾 140 g/箱播種。越車は加温出芽，プール育苗，乾籾 300 g/箱播種，育苗時の殺菌剤は無施用。乾籾千粒重 (コシヒカリ 26.1 g，越車 20.1 g) より単位面積当たりの播種粒数を算出し，草丈 6 cm 以上の生存個体数を除すことにより正常苗立ち率を推定。苗マット強度 (苗マット引っ張り強度) の測定には 20×10 cm の断片を用いた。

は「コシヒカリ」に比べ，植え付け条内の欠株発生数の変動が大きく，欠株率は 9.3% で，「コシヒカリ」の約 4 倍に達した。一方，植え付け本数は「コシヒカリ」に比べ，

やや少ない値を示したが，有意差は認められず，株内のばらつきも少なかった (第 6 表)。

第6表 移植後の欠株率及び植え付け本数.

品種	欠株率 (%)					植え付け本数 (本/株)			
	最小-最大	平均	標準偏差	変動係数	有意性	平均	標準偏差	変動係数	有意性
越車	4.3-15.4	9.3	3.6	2.6	**	3.3	0.5	6.6	ns
コシヒカリ	0.0- 5.1	2.4	1.8	1.4		3.7	0.4	9.4	

2007年5月17日移植, 移植1週間後の調査結果. **は1%水準で有意差あり, nsは有意差なし(t検定による. 欠株率は逆正弦変換後).

考 察

1. 「越車」における出芽, 苗立ちの低下要因

根本ら(2001), 白戸ら(2002), 上原ら(2003)の報告と同様, 「越車」の発芽は一般米品種よりやや遅れる傾向が認められたが, 発芽力自体に問題は認められなかった(第1図). しかし, 発芽種子を育苗床土中に播種したところ, 出芽率は70%まで低下した. 不出芽種子は, 発芽後の生長が全く認められないか, 途中で生育が停止した状態であった(第3図). 本研究では, 白戸ら(2002)が「はいみのり」で観察した種子への糸状菌の発生や種子の腐敗は認められなかったことから, 「越車」においては他の要因が出芽, 苗立ちの低下に関与している可能性が考えられる.

「越車」の胚芽の大きさは一般米品種の2.5~2.8倍あり(小林2004), 既存の巨大胚品種とほぼ同程度であるが, 千粒重が軽いことから, 胚芽の相対的比率はより高いと考えられる. 「はいみのり」(根本ら2001)及び「めばえもち」(上原ら2003)の結果を見ると, ほぼ同じ出芽温度条件では, 胚芽比率が高い「はいみのり」の出芽率が明らかに低く, さらに, 「はいみのり」より苗立ち性が優れるとされる「はいいぶき」の胚芽比率は「はいみのり」より約2%低いことから(松下ら2007), 巨大胚品種では胚芽が相対的に大きい品種ほど出芽率が劣る可能性が考えられる. 今後, 「越車」の発芽から出芽, 苗立ちに至るまでの過程について, 一般米品種だけでなく, 既存の巨大胚品種との比較, さらに巨大胚品種における胚芽の大きさと出芽, 苗立ち性との関係について詳細な調査が必要である.

また, 水稻用育苗箱に「越車」を乾籾150g/箱播種し, 慣行育苗体系で管理したところ, 正常苗立ち率はさらに50%程度にまで低下した(第2表). 本試験における育苗期間のハウス内の平均気温は22.0℃, 播種深度は0.5cmであったことから, 出芽率低下への気温及び覆土深の影響は考え難い. 「越車」の籾千粒重から単位面積当たりの播種密度を計算したところ, プラスチックケースより水稻育苗箱の方が6.4倍も密播状態であったことから, 播種密度が高まったことで発芽に要する酸素消費量が高まり, 土中における酸素濃度が低下して, 出芽, 苗立ちの低下につながった可能性が考えられる. 一般米品種に比べ胚芽の大きい巨大胚品種は, 発芽のためにより多くの酸素を必要とする可能性も考えられることから, 今後, 巨大胚品種の出芽・苗立ちに対する土中の酸素濃度の影響, 胚芽の大きさ

と酸素要求量, 育苗用資材としての酸素発生剤の利用等について検討が必要である.

2. 「越車」における機械移植適応性のある苗の育苗法

(1) 殺菌剤の施用

育苗時の出芽率を確保するため, 「はいみのり」と「恋あずさ」では通常品種の1.5倍量, 「めばえもち」では1.2倍量の播種が求められているが(根本ら2001, 上原ら2003, 遠藤ら2006), 新潟県における稚苗育苗の標準播種量を考慮すると, 巨大胚品種の場合, 156~210g/箱の乾籾播種量が望ましいことになる. 白戸ら(2002)はこれらよりさらに多い乾籾270g/箱(1.8倍量)播種で試験を行っており, 通常育苗管理方法では, 播種量の増加に伴って糸状菌の発生や種子の腐敗が顕著になる可能性が高い.

このため, 「はいみのり」(根本ら2001)においては, 出芽前に生育を停止した籾(播種量の30~50%)の腐敗が, 全体の苗の腐敗や苗マット強度の低下につながることを防ぐため, 培土中に殺菌剤を通常より多めに混合することが勧められている. また, 白戸ら(2002)は「はいみのり」において, 無菌に近いもみがら成型マットと殺菌剤処理とを組み合わせることによって, 出芽・苗立ちへの影響を抑えることが可能であると述べている.

育苗時の殺菌剤としては, リゾープス菌の発生を抑えるTPN剤(商品名:ダコニール)と, ピシウム菌, フザリウム菌の発生を抑えるヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル剤(商品名:タチガレエース)などが利用されているが(注:農作物病害虫雑草防除指針, 新潟県農林水産部), 糸状菌の主体であるアスペルギルス菌には塩素系の殺菌剤を利用する機会が多いことから, 本研究では次亜塩素酸ナトリウムを用いた. しかし, 人工気象器内及び慣行育苗体系による試験のいずれにおいても殺菌剤施用の効果は認められなかった. 「越車」においても, 播種密度を高めた条件で殺菌剤の効果を検討する必要があるものと考えられるが, 殺菌剤の施用は予防, あるいは被害拡大防止的な措置であり, 「越車」の出芽, 苗立ち率の低下要因が他にあるとすれば, その効果は限定的と考えられる. 今後, 「越車」の出芽阻害要因を早期に特定し, 出芽, 苗立ちの向上を図る方法を開発する必要がある.

(2) 育苗方法

飯塚ら(1978)によって考案された水稻のプール育苗は,

灌水やハウスの開閉作業が不要なことから、省力的な育苗方法として新潟県においても普及している（普及割合 15.3%，注：平成 18 年度稲作概況と課題，新潟県農林水産部）。プール育苗による苗は、草丈がやや徒長傾向となる一方で、根の伸長は著しいという特徴が認められる。「越車」は父本の「新潟早生」から半矮性遺伝子 *sd-1* を受け継いでいると思われ、苗の草丈は短く、その伸長速度も遅い。さらに出芽・苗立ちが劣り、苗マット強度の不足が顕著に認められ、新潟県における普及上の問題点となっている。

本研究により、プール育苗によって「越車」の草丈及び根は伸長し、苗マット強度も高まり、機械移植に適應できる苗の育苗方法として有効であることが確認された。既存品種より出芽・苗立ちが劣ると考えられる「越車」において、プール育苗の効果が認められたことは、この育苗法が他の巨大胚品種においても適用可能で、その効果もより高いことが期待される。また、プール育苗には、種子から溶出する糖類の濃度を低下させる効果も期待できる。

(3) 出芽方法

加温出芽は、出芽器への搬入・搬出作業により、播種から移植までの間に育苗箱の移動・運搬が最低でも 3 回必要なこと、高温期の出穂を避けるため、早期播種、早期移植の是正が指導されていることなどから、新潟県における実施率は 42.0%にとどまっている（注：平成 18 年度稲作概況と課題，新潟県農林水産部）。

「めばえもち」（上原ら 2003）、「恋あずさ」（遠藤ら 2006）では、苗立ち数を確保するため加温出芽の導入が提唱されているが、これまで巨大胚品種における加温出芽の効果を実証した報告はなかった。種子の発芽後の生育停止が顕著である「越車」において、出芽、苗立ちを向上させる方法として加温出芽の効果を期待したが、本研究では前述したプール育苗や後述する播種量に比べその効果は小さかった（第 4 表、第 5 図）。本研究では、新潟県の普及の現状や育苗時の労力負担軽減という観点から、実用化実証試験において加温出芽法を採用しなかったが、巨大胚品種の発芽速度が一般米品種に比べて遅いことを考慮すると、今後、温度条件や加温日数等の検討が必要と考えられる。

(4) 播種量

巨大胚品種の苗立ち数を確保するための有効な手段として、播種量の増加が提唱されており、実証試験によって「はいみのり」では通常の 1.8 倍量が（白戸ら 2002）、「恋あずさ」では 1.5 倍量が良好と報告されている（遠藤ら 2006）。本研究においても、既存品種と同様、播種量の増加が苗立ち数と苗マット強度の確保に有効と判断され（第 5 図）、「越車」において慣行育苗体系並の苗立ち数を確保するためには、2 倍量である乾籾 300 g/箱以上の播種が必要と考えられた。しかし、3 倍量の 450 g/箱では草丈の減少や出芽時の育苗床土の著しい持ち上がりが認められたこと、超密播の状態が植え付け精度の低下要因となる可能性があることなどから、今後も「越車」に最適な播種量

の検討を継続して行う必要がある。

3. 実用化実証試験

乾籾 300 g/箱播種、無加温出芽、プール育苗で養成した「越車」稚苗の正常苗立ち数は「コシヒカリ」と同等の値を示した（第 5 表）。高橋・吉田（2006）によると苗マット強度は最低でも 14.7 N（1.5 kgf）は必要で、29.4 N（3 kgf）以上が望ましいとされるが、高橋・吉田（2006）と同じ大きさの苗断片（20 × 10 cm）で測定した「越車」稚苗の苗マット強度は 31.2 Nを示し（第 5 表）、移植機へのセットに全く支障はなかった。

この苗を実用機によって移植し、その植え付け精度を調査した結果、「越車」は「コシヒカリ」と比較して、植え付け本数に有意な差は認められず、株内のばらつきも少なかったが、植え付け条内における欠株発生数の変動が大きく、欠株率は約 4 倍高い値を示した（第 6 表）。移植苗を抜き取って観察したところ、抜き取り跡に生育停止籾が苗と同数以上認められたことから、正常に苗立ちせず培土中に留まっていた籾が苗の掻き取り時に持ち込まれ、これが植え付け部位に停滞し、浮き苗の発生原因になっているものと考えられた。

今後、「越車」の機械移植による生育及び収量についての詳細な調査を予定しているが、「越車」の機械移植における欠株の発生率を減らす育苗法及び移植技術について、さらなる検討が必要と考えられる。

謝辞：新潟県作物研究センターの石崎和彦氏より、「越車」の試験用種子の提供と原稿の校閲を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 遠藤貴司・山口誠之・片岡知守・中込弘二・滝田正・東正昭・横上晴郁・加藤浩・田村泰章・小綿寿志・小山田善三・春原嘉弘 2006. 耐冷性の強い巨大胚水稻新品種「恋あずさ」の育成. 東北農研研報 105:1-16.
- 飯塚国夫・金井博・島田忠男 1978. 水稻機械植用箱苗の簡易育苗法. 農及園 53:687-688.
- 小林和幸 2004. 新潟県で開発した新形質米品種とその普及状況. 育種学研究 6:215-224.
- 松下景・春原嘉弘・飯田修一・前田英郎・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井真 2007. 苗立ちが良く胚芽が落ちにくい巨大胚水稻新品種「はいいぶき」の育成. 育種学研究 9(別 1):223.
- 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・吉田泰二 2001. 巨大胚新水稻品種「はいみのり」の育成. 中国農研報 22:25-40.
- 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. 日食科工誌 47:596-603.
- Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori 1994a. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. J. Agric. Food Chem. 42:1122-1125.

- Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori 1994b. Accumulation of γ -aminobutyric acid (Gaba) in the rice germ during water soaking. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58 : 2291 – 2292.
- 齊藤ひろみ・小久保清子・中田裕子・大森正司・三枝貴代・堀野俊郎・森隆 1995. 水浸漬胚芽米によるラット血圧上昇抑制作用について. 日本食品科学工学会第 42 回大会講演集 : 139.
- 白戸宏之・大平陽一・高梨純一 2002. 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. 日作紀 71 : 76 – 83.
- 高橋行継・吉田智彦 2006. 群馬県稲麦二毛作地帯における水稻育苗箱全量基肥栽培のプール育苗法に関する検討. 日作紀 75 : 119 – 125.
- 上原泰樹・小林陽・古賀義昭・太田久稔・清水博之・三浦清之・福井清美・大槻寛・小牧有三・笹原英樹・堀内久満・後藤明俊・奥野員敏 2003. 水稻新品種「めばえもち」の育成. 中央農研研報 2 : 63 – 81.
- 上野正実・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.

Studies on the Seedling Raising Method in Giant-embryo Rice Cultivar ‘Koshiguruma’ and its Adaptability to Machine Transplanting : Kazuyuki KOBAYASHI^{1, 2)}, Yoshihiko TAKAHASHI³⁾ and Toshinori FUKUYAMA³⁾ (¹⁾*Niigata Pref. Agr. College, Niigata 953-0041, Japan;* ²⁾*Grad. Sch. of Sci. and Tech., Niigata Univ.;* ³⁾*Fac. of Agr., Niigata Univ.*)

Abstract : Giant-embryo rice cultivar ‘Koshiguruma’ which has been recently developed and released in the Niigata Prefecture, has the merit of producing a large amount of GABA, but has a defect of lower rate and non-uniformity of seedling emergence. The lower rate of seedling emergence and poor establishment of root mat in a seedling box did not ensure the better stand of seedlings, when they were transplanted to a paddy field with a transplanting machine. We examined the methods for increasing the rate of seedling emergence and the tensile strength of seedling mat of ‘Koshiguruma’. The seeds of ‘Koshiguruma’ germinated at a slower rate than those of ‘Koshihikari’ used as a control cultivar, but the final germination percentage was 98% equivalent to that of ‘Koshihikari’. However, the rate of seedling emergence of ‘Koshiguruma’ was 67% in the seedbed-soil, which was significantly lower than 98% in ‘Koshihikari’. Disinfectant application to the soil or heat-budding method did not recover the seedling emergence. On the other hand, the pool raising method of seedlings increased the plant height, root length and tensile strength of seedling mat in ‘Koshiguruma’. Seeds of 300 g per nursery box were needed for establishment of seedling emergence of ‘Koshiguruma’ in soil and for sufficient tensile strength of the seedling mat, which was twice the standard sowing rate. Even by this improved method the vacant hills after machine transplanting was 9.3%, which was 4 times higher than that of ‘Koshihikari’. Such a high rate of vacant hills may be due to the floating on water surface of non-germinating seeds coexisting with germinated seeds. Further investigation on raising method will be needed to reduce vacant hills for establishment of ‘Koshiguruma’ by machine transplanting.

Key words : Adaptability of machine transplanting, Giant-embryo, Koshiguruma, Paddy rice, Pool raising, Raising method, Transplanting precision.