

糯品種「ヒメノモチ」の種子生産における穂発芽粒発生時の効率的な選別方法

宇津木育実・青木優作・中村充明

キーワード: 「ヒメノモチ」, 種子生産, 穂発芽粒, 選別, 比重

I 緒 言

水稻における穂発芽は、成熟期前後に一定の湿度と温度に遭遇した場合に、穂に着生した状態で発芽する現象である。穂発芽した籾を種子とする場合、発芽率や種子品質が低下する。千葉県的水稲奨励品種については、穂発芽性が“難”の品種が多いものの、糯品種「ヒメノモチ」は“やや易”である。

千葉県における 2021 年の水稻作では、早生品種の収穫直前の時期に当たる 8 月上中旬に多量の降雨があり、倒伏や収穫遅れが発生した。成東育成地に近いアメダス横芝光でも、8 月第 2 半旬に 218mm、第 3 半旬に 117mm の降雨が記録された。

この影響により、穂発芽性が“やや易”の「ヒメノモチ」の原種においては、立毛状態にも関わらず、穂発芽が発生し、平年では 90%を超える粗籾における発芽率が 80%程度に低下した。さらに、2021 年は 7 月に高温多照条件であったため、開穎籾が多く発生し、機械作業の衝撃等による脱ぶも発生した。このため、「ヒメノモチ」の高品質な原種を計画通り供給するため、可能な限り穂発芽粒を除去するとともに、発芽率の高い種子を確保できる適切な調製方法を検討することが求められた。

千葉県では、採種圃産種子の選別に粒厚選別と比重選別機による比重選別を併用して行っている。このため、調製方法の検討には粒厚選別と比重選別を前提とするべきであると考えられた。

穂発芽粒が混入した籾の種子としての利用に関しては、穂発芽籾の発芽性、除去方法、育苗への影響を検討した伊藤ら (1980) や中司・蔵重 (2009) の報告がある。これらは、長雨や台風により穂発芽が多発した 1979 年の愛知県や 2004 年の山口県の種子を使用して行ったもので、穂発芽率の高い種子に対する比重選別が穂発芽粒の除去や発芽率の向上に効果的であったと報告されている。

しかし、これらの報告では比重選別を想定した塩水の比重は粳での精選籾を選別する際の基準となる 1.13 であり、

選別歩留まりの減少も大きいことが報告している。伊藤ら (1980) は穂発芽の混入程度と必要種子量に応じて、比重選別の比重を決める必要がある、と指摘している。糯品種においては、比重の変更による穂発芽粒の選別率及び発芽率の向上、またその時の調製歩留りへの影響に関する知見は不足している。

そこで本研究では、2021 年産「ヒメノモチ」の穂発芽粒が混入した籾を供試し、粒厚選別及び比重選別を試み、穂発芽粒を効率的に除去するための選別方法を検討した。さらに、選別後の選別歩留りや発芽率に与える影響及び穂発芽発生時における最適な選別方法を明らかにしたので報告する。

II 材料及び方法

1. 試験場所及び供試品種

水稻・畑地園芸研究所成東育成地 (山武市) の水田圃場 (壤土、中粒質斑鉄型グライ低地土) で栽培し、穂発芽粒が混入した 2021 年産「ヒメノモチ」の籾を供試した。

2. 試験方法

(1) 移植及び供試籾

移植は 2021 年 4 月 20 日に行い、籾のサンプリングは成熟期から 9 日経過した 8 月 24 日に、試験圃圃場内で生育が中庸であった 3 か所から 60 株ずつ収穫した。風乾後、脱穀及び脱芒し貯蔵庫 (気温、湿度: 成り行き、暗黒) に 2022 年 10 月 17 日まで保管していた籾を供試試料とした。

(2) 種子選別

粒厚選別は篩目 2.3mm (「ヒメノモチ」の製品調製時に通常使用されている篩目幅) で行った。塩水選は、比重 1.06 (粳品種での精籾基準) 及び 1.03 (糯品種での精籾基準) を行った。

(3) 試験区

選別を行わない無処理区、粒厚選別を実施した区 (以下粒厚区とする)、比重 1.03 の塩水選を実施した区 (以下比重 1.03 区とする)、比重 1.06 の塩水選を実施した区 (以下比重 1.06 区とする)、粒厚選別後に比重 1.03 の塩水選を実施した区 (以下粒厚+比重 1.03 区とする)、粒厚選別後に比重 1.06 の塩水選を実施した区 (以下粒厚+比重 1.06 区とする) の 6 試験区を設置した。

2024 年 9 月 3 日受領 (Received September 3, 2024)

2024 年 12 月 11 日登載決定 (Accepted December 11, 2024)

各試験区は100gずつ籾を供試し、3反復とした。

(4)歩留り及び千粒重

供試籾100gの粒数を計数し、試験区に準じて選別を行った。得られた籾の粒数を計数し、調製歩留りを算出した。その際に、1,000粒を計数し、重量及び含水率を測定した。含水率については、米麦水分計ライスタ f (株式会社ケツト科学研究所) のもみモードで測定し、含水率15%時の千粒重を算出した。

(5)開穎籾、損傷籾及び脱ぶ粒の割合

各試験区の選別後の籾1,000粒について、籾の性状として、開穎籾数、損傷籾数、脱ぶ粒数を計数した。開穎籾は井上ら(1980)及び森村(1980)の判定に従い、籾の内外穎の鈎合部が離れて玄米が見える籾を開穎籾とした。開穎籾を除き、籾殻が物理的な損傷を受けた籾を損傷籾、脱ぶして玄米になったものを脱ぶ粒とした。

(6)穂発芽の程度

中司・蔵重(2009)の判定に従い、上記の1,000粒について穂発芽の程度を調査した。穂発芽の程度は目視によって籾の状態で発芽または発根が確認できるものを程度④とし、それ以外は籾摺りを行い、玄米の状態では胚の膨らみ、変色状況等を観察した。程度①は胚がやや膨らみ、淡く黒変・褐変し、胚と胚乳の境が白くなっているもの、程度②は胚が膨らみ、黒変・褐変しているもの、程度③は胚が大きく膨らみ、明らかに発芽・発根しているが籾の内側までとなっているもの、程度④は籾の状態では発芽・発根が確認できるものの計4段階に判定・分類した。

(7)発芽試験

各試験区の選別によって得られた籾100粒を発芽試験に供した。発芽試験は、2022年10月24日から12月23日に千葉県(2016)の慣行法に準じて行った。

プラスチックシャーレ(内径8.6cm、高さ1.7cm)にろ紙(No.2 アドバンテック東洋(株))を1枚敷き、各試験区100粒を置床した。予浸として蒸留水を20mL加え、恒温器(MIR-254-PJ PHC(株))内で、25℃、照明下(全光束(定格)750lm)の条件で24時間浸漬した。さらに、一度蒸留水を捨て、本浸として蒸留水を8mL加え、再び、25℃、照明下(全光束(定格)750lm)で乾燥しないように管理した。

本浸後7日目を発芽勢、14日目を発芽率として調査を実施した。発芽の判定については、千葉県の発芽試験法(千葉県, 2016)に基づき、健全に発達した種子根、茎及び第1葉(鞘葉から1/2以上抽出したものに限る)かつ、種子に著しい衰弱がない芽生えを生じたものとした。

Ⅲ 結 果

1. 健全籾、開穎籾、損傷籾及び脱ぶ粒の割合

選別後の籾の性状を第1表に示した。

健全籾の割合は、粒厚+比重1.06区で55.8%と高く、粒厚区で45.6%と低かった。開穎籾の混入割合は、粒厚区及び粒厚+比重1.03区でそれぞれ49.6%、47.2%と高かった。

脱ぶ粒混入割合は、粒厚区 0%、粒厚+比重 1.03 区 1.03%、粒厚+比重 1.06 区 0.1%で粒厚選別を行った3試験区で低かった。

第1表 種子選別方法が異なる籾の性状別の混入割合

試験区	籾の性状別の混入割合 (%)			
	健全籾	開穎籾	損傷籾	玄米
無処理区	54.4 a	36.3 c	3.2 b	6.1 a
粒厚区	45.6 b	49.6 a	4.8 a	0.0 b
比重1.03区	53.7 a	39.3 c	3.5 ab	3.4 a
比重1.06区	52.5 ab	37.6 c	2.7 b	7.2 a
粒厚+比重1.03区	49.2 ab	47.2 ab	3.5 ab	0.1 b
粒厚+比重1.06区	55.8 a	41.4 bc	2.7 b	0.1 b

注1) 粒厚選別は篩目幅2.3mmで実施。

2) それぞれの選別後1,000粒に対して実施。

3) 異なる文字間には角変換後に多重比較検定で実施した Tukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す(n=3)。

2. 穂発芽粒の割合

穂発芽粒数及び穂発芽の混入割合を第2表に示した。

穂発芽粒の混入割合は、粒厚+比重 1.06 区が 7.7%で最も低く、次いで粒厚+比重 1.03 区 10.2%、比重 1.06 区 12.1%の順に低かった。穂発芽程度別の処理区間の差は穂発芽程度③及び④で認められ、穂発芽程度③及び④の混入割合は粒厚区でそれぞれ 11.3%及び 2.2%と高かった。それに比較して、比重選別を行った試験区は低い傾向が見られ、粒厚+比重 1.06 区ではそれぞれ 5.3%及び 0.1%と最も低かった。

3. 籾数、調製歩留り、千粒重、発芽勢及び発芽率

選別後の籾数、調製歩留り、千粒重、発芽勢及び発芽率を第3表に示した。

選別後の総籾数は、粒厚+比重1.06区が2,508粒で、最も少なかった。

調製歩留りは、比重選別のみの2試験区に比べて、粒厚選別を行った粒厚区70.9%、粒厚+比重1.03区66.9%、粒厚+比重1.06区で63.3%と低かった。

千粒重は粒厚区、粒厚+比重 1.03 区、粒厚+比重 1.06 区でいずれも 27.8g と重かった。

粒厚区の発芽勢及び発芽率は、それぞれ 81%、84%と低く、無処理区と明らかな差が無かった。比重 1.03 区、比重 1.06 区、粒厚+比重 1.03 区、粒厚+比重 1.06 区の発芽勢及び発芽率はそれぞれ 87%~91%、89%~93%と無処理区に比べて有意に高かった。

第2表 種子選別方法が異なる粳の穂発芽粒数及び穂発芽の程度別混入割合

試験区	穂発芽粒	穂発芽程度別の混入割合 (%)				
		①	②	③	④	合計
無処理区	536(17)	0.5 a	0.6 a	10.4 ab	2.1 a	13.5 ab
粒厚区	408(13)	0.6 a	0.5 a	11.3 a	2.2 a	14.7 a
比重1.03区	459(25)	1.3 a	0.9 a	9.8 ab	1.0 b	13.0 ab
比重1.06区	408(15)	1.4 a	0.7 a	9.5 ab	0.5 b	12.1 ab
粒厚＋比重1.03区	274(16)	1.3 a	0.9 a	7.4 bc	0.6 b	10.2 bc
粒厚＋比重1.06区	194(32)	1.4 a	0.9 a	5.3 c	0.1 c	7.7 c

注1) 粒厚選別は篩目幅2.3mmで実施。

2) 穂発芽程度別の混入割合については、それぞれの選別後1,000粒に対して実施。

3) 穂発芽程度の①は胚がやや膨らみ、淡く黒変・褐変し、胚と胚乳の界が白くなっているもの。②は胚が膨らみ、黒変・褐変しているもの。③は胚が大きく膨らみ、明らかに発芽・発根しているが、粳の内側までとなっているもの。④は粳の状態で発芽・発根が確認できるもの、として判定・分類した。

4) 穂発芽粒の数値の後に () で標準誤差を示した。

5) 異なる文字間には角変換後に多重比較検定で実施したTukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す(n=3)。

第3表 種子選別方法が異なる粳の選別前後粒数、調製歩留り、千粒重、発芽勢及び発芽率

試験区	選別前 粒数	選別後 粒数	調製歩留り (%)	千粒重 (g)	発芽勢 (%)	発芽率 (%)
無処理区	3,949(16)	3,949(16)	100.0 a	26.3 b	80 b	83 c
粒厚区	3,930(11)	2,786(38)	70.9 d	27.8 a	81 b	84 b
比重1.03区	3,948(16)	3,526(15)	89.3 b	27.2 a	87 a	89 a
比重1.06区	3,957(33)	3,368(19)	85.1 c	26.9 b	90 a	93 a
粒厚＋比重1.03区	3,983(6)	2,664(8)	66.9 e	27.8 a	91 a	92 a
粒厚＋比重1.06区	3,965(14)	2,508(22)	63.3 e	27.8 a	89 a	92 a

注1) 粒厚選別は篩目幅2.3mmで実施。

2) 千粒重は含水率15%に調整した値。

3) 発芽試験は100粒、25℃、照明下で実施。発芽勢は7日目、発芽率は14日目の値。

4) 選別前後の粒数の数値の後に () で標準誤差を示した。

5) 異なる文字間には千粒重以外は角変換後に多重比較検定で実施したTukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す(n=3)。

千粒重は多重比較検定で実施したTukey-Kramer法により5%水準で有意差があることを示す(n=3)

粒厚選別のみを行った粒厚区では、無処理区と比較して脱ぶ粒は除去できたが、穂発芽粒が除去できず、発芽率は無処理区と同様で、向上しなかった。比重選別のみを行った比重1.03区及び比重1.06区では、穂発芽粒が除去され、発芽率が有意に向上したが、脱ぶ粒は除去できなかった。穂発芽粒及び脱ぶ粒を除去できたのは粒厚＋比重1.03区、粒厚＋比重1.06区であった。

IV 考 察

本研究では千葉県産採種圃産種子選別で使われる粒厚選別及び比重選別機による比重選別を想定した塩水選による比重選別を試み、穂発芽粒の除去効果及び、農産物検査に関わる粳の性状や発芽率や調製歩留りへの影響を検討した。

粒厚選別を想定した粒厚区では穂発芽粒が無処理区と

同等に残り、発芽率の向上もみられなかった。中司・蔵重(2009)は、粒厚選別は比重選別と比べて穂発芽粒が多く残り、篩目を大きくしても効果が無かったことを報告している。本試験の結果も同様であり、穂発芽粒は充実が良く、粒厚選別では十分に選別されなかったと考えられる。比重選別の比重については、井上ら(1984)と同様に粳品種では比重1.13(糯品種では1.10)で選別した粳を精選粳、比重1.06(糯品種では1.03)で選別した粳を精粳としている。比重選別を行った試験区において、穂発芽粒の混入割合は低い傾向が見られた。中司・蔵重(2009)は、胚乳養分の消耗により穂発芽程度④については千粒重が軽くなり、比重が軽くなることによって、比重選別での除去効果が高まったと報告している。また、伊藤ら(1981)は粒厚選別が選別の中心となるシード・プラント精選においては穂発芽粒がほとんど除去できなかったこと、粳種子の精選粳の標準的な比重である1.13で比重選別を行うと、完全ではないが穂発芽粒の多くが除去されたことを報告している。これらのことから、穂発芽粒の除去のみを目的とする場合には粒厚選別の効果は篩目を大きくしてもほぼ期待できず、比重選別が効果的であると考えられた。

開穎の程度が大きいものについては、選別中に脱ぶするものが多く、これらの脱ぶ粒も除去する必要がある。本試験において、脱ぶ粒の混入割合は比重選別に比べて粒厚選別で低かった。脱ぶ粒を除去するためには、比重選別よりも粒厚選別が効果的であり、篩目幅を通常程度に設定した粒厚選別を、比重選別と併せて実施する必要があると考えられた。

種子生産における発芽率の基準は90%以上であり、本試験において比重1.06区、粒厚+比重1.03区及び粒厚+比重1.06区で基準を満たした。比重選別を行うことで発芽勢、発芽率ともに高まった。

伊藤ら(1981)は粳品種において精選粳基準となる比重1.13の比重選別において、発芽力を有する稔実不良の低比重の粳が多く除去されることで、調製歩留りが低下し、種子の安定供給に支障を来すことを報告している。本試験において、調製歩留りは、粒厚+比重1.03区が粒厚+比重1.06区に比べてわずかに高い傾向が見られた。調製歩留りは最終的な製品の量に影響を及ぼすため、農産物検査基準を満たしつつ、なるべく高くなるように考慮すべきである。

これらのことから、糯品種における精粳となる比重1.03の塩水選を、粒厚選別と組み合わせることで、穂発芽粒と脱ぶ粒を効率的に除去し、最終的な発芽率は90%以上で無処理区より10%程度の向上が見込まれると考えられた。

一方、粒厚選別と比重選別の組み合わせによって調製歩留りは糯品種の精粳基準である比重1.03の塩水選に比べて約23%低下した。長谷川ら(1984)は褐変粳の混入割合が異なる「コシヒカリ」について、比重選別のみと比べて

粒厚選別と比重選別の組み合わせにより、調製歩留りが4.6~15.3%低下することを報告している。脱ぶ粒を効率的に除去できる、粒厚選別の篩目幅の検討については今後の課題になると考えられた。

穂発芽及び脱ぶが懸念される生産物を種子として利用できるか否か検討する際には、本結果を基に1,000粒の種子粳を対象に穂発芽粒の混入割合の精査を行い、穂発芽程度③及び④の混入が合計で10%程度の時には、比重1.03の塩水選を、2.3mm幅の粒厚選別と組み合わせることで、約67%の調製歩留りで穂発芽粒と脱ぶ粒を効率的に除去し、発芽率は基準となる90%を超え、調製前と比較して10%程度向上すると考えられた。

V 謝 辞

本研究の実施にあたり調査及び業務にご尽力いただいた育成地の皆様に深謝の意を表する。

VI 摘 要

糯品種「ヒメノモチ」における、比重選別機による比重選別を想定した塩水選及び粒厚選別による穂発芽及び脱ぶ粒の除去効果、さらに種子確保量に影響する発芽率や調製歩留りへの影響を検討した。穂発芽粒の除去を目的とするには粒厚選別は篩目を大きくしてもほぼ効果がみられず、比重選別が効果的であった。穂発芽程度③(胚が大きく膨らみ、明らかに発芽・発根しているが粳の内側までとなっているもの)及び④(粳の状態で発芽・発根が確認できるもの)の混入が合計で10%程度の時に比重1.03の塩水選を行い、脱ぶ粒の除去を目的に粒厚選別を組み合わせることで、約67%の調製歩留りで穂発芽粒及び脱ぶ粒を効率的に除去できた。これにより、発芽率は種子の基準となる90%を超え、調製前より10%程度向上した。

VII 引用文献

- 千葉県(2016) 水稻の採種栽培 第3版. 35.
 長谷川理成・畠山富治・吉田俊郎(1984) 台風により発生した水稻褐変粳の種子適性に関する研究. 千葉原農研報 6: 1-8.
 井上俊作・長谷川理成・大木寛幸・宮崎豊(1981) 割れ粳に関する調査研究. 千葉原農研報 3: 1-6.
 伊藤俊雄・伊藤喜一・大河浩一(1980) 水稻穂発芽もみの種子適性に関する研究. 愛知農総試研報 12: 37-44.
 伊藤俊雄・伊藤喜一・大河浩一(1981) 水稻穂発芽もみの種子適性に関する研究 (2). 愛知農総試研報 13: 54-61.

森村克美（1975）水稻の割れ粳と黒蝕米との関係．農業
技術 30（9）：401-404.

中司祐典・蔵重宏史（2009）発芽粒の混入が水稻種子の発
芽と苗質に及ぼす影響．近畿中国四国農研 14：26-31.

Efficient Sorting Method for Pre-harvest Spouting Grains Mixed in Seed Rice

Ikumi UTSUGI*, Yusaku AOKI, and Mitsuaki NAKAMURA

Key words: seed rice, pre-harvest spouting, sorting, specific gravity

Summary

We investigated the effect of salt water selection and grain thickness selection on removing pre-harvest sprouting and dehulled grains, assuming gravity selection by a gravity sorter, in the glutinous rice variety 'Himenomochi'. Additionally, we investigated the impact on germination rate and preparation yield, which affect the amount of seeds secured. Grain thickness selection was almost ineffective for removing pre-harvest sprouting grains, even with larger sieves, and gravity selection was effective. When the total amount of pre-harvest sprouting grains with degree ③ (embryo significantly swollen, clearly sprouted and rooted but only inside the husk) and ④ (germination and rooting confirmed from the outside of the husk) was about 10%, pre-harvest sprouting and dehulled grains were efficiently removed with a preparation yield of about 67%, by performing salt water selection with a specific gravity of 1.03, and grain thickness selection was combined with the aim of removing dehulled grains. As a result, the germination rate exceeded 90% of the standard for seeds, about 10% improvement compared to before preparation.

* Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1, Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan.