

水稻機械生産種子の低温期における浸種方法について

平井 達也・和田 潔志*・斎藤 幸一

キーワード：浸種、積算温度、苗立ち、機械生産、低温貯蔵種子

I 緒 言

近年、生産履歴開示の必要性から水稻種子更新率が上昇しており、一般生産者は採種圃で機械生産された遺伝的純度の高い種子を使用することがほぼ前提となっている。

種子の機械生産について、コンバイン収穫に関して、西・小川(1982)は収穫脱穀時の穀粒水分25%以下、抜胴回転数400～420rpm以下で採種すれば農産物検査規格に合致した種子が生産できるとしている。しかし高橋ら(1997)は、コンバイン収穫種子は直播のような低温条件下で発芽率が劣ることを報告しており、機械生産された種子の発芽率は、種子審査における発芽試験のような好適条件下にない場合は低下する可能性がある。

一方、千葉県は早場米産地として知られ、育苗の開始時期が早いため、2月上旬～3月上旬に浸種が開始される場合があり、この時期の育苗において低水温浸種が原因と思われる出芽不良の発生が現地から報告されている。浸種の目安としては積算温度100℃(浸種日数×浸種期間の平均温度)が広く認識されているが、低温条件下でそのような目安が適切であるかどうかは明らかではない。

そこで、種子の生産過程、貯蔵並びに浸種について4つの試験を行い、低水温浸種における出芽不良の原因と改善を図ろうとした。その結果、出芽不良改善の成果が得られたので報告する。

研究を遂行するに当たり、育種研究所水稻育種研究室成東育成地の鎌形民子主席研究員、中村充明上席研究員、主任農業技術員の方々には多大なるご協力をいただいた。また、本研究のとりまとめに当たり、育種研究所長の渡部富男博士には多くのご助言を頂いた。ここに記して、深く感謝の意を申し上げる。

II 材料及び方法

(1) 収穫・乾燥・調製における機械体系が低温浸種後の発芽に及ぼす影響(試験1)

2005年3月に、前年産の「ふさおとめ」を用いて行った。収穫以降の生産過程を収穫、乾燥方法と調製方法に分け、機械による収穫乾燥と機械による調製からなる全機械生産体系区(慣行)、機械による収穫、乾燥と手作業による調製からなる半機械生産体系区、収穫、乾燥並びに調製を手作業とする全手作業体系区として生産された種子を供試した。

なお、全機械作業体系では、収穫は種子用コンバインを、乾燥は種子用循環型乾燥機を、調製は脱芒機、風力・粒厚選別機、粒長選別機、比重選別機からなる種子調製一環装置を用いた。手作業体系では、収穫は手刈り、乾燥は架け干し乾燥、調製は手作業による脱穀と脱芒、2.2mm篩選別、比重1.13の塩水による比重選別とした。

それぞれの種子について恒温器を利用して、恒温器内温度10℃で10日間、5℃で10日間の浸種処理を行った。浸種処理終了後に、濾紙を敷いたシャーレに100粒置床し、水10mlを加え、恒温器の温度を30℃として発芽試験を行った。反復数は3とした。

発芽調査では不完全葉が鞘葉長の1/2以上となり、かつ健全な種子根を有する状態を発芽とし、発芽試験開始後、4日目発芽率が80%以上、かつ7日目発芽率が90%以上のものを発芽の良否の基準とした。

(2) 収穫以降の機械生産、種子貯蔵が低温浸種後の発芽率に及ぼす影響(試験2)

2004年1～2月に「コシヒカリ」と「ふさおとめ」を供試して行った。種子の生産年は、それぞれ、前年(2003年)と前々年(2002年)の2水準とした。2002年産種子は15℃に設定した低温貯蔵庫で試験時期まで貯蔵したものを使用した。それぞれの年次の種子の収穫・乾燥・調製方法は、試験1に示した全機械生産体系区(慣行)と全手作業体系区の2水準とし、浸種条件は15℃7日間処理と5℃10日間処理の2水準を設定した。反復数は4とした。浸種終了後に30℃で発芽試験を行った。

浸種及び発芽試験は、試験1と同様に所定温度に設定

受理日2007年10月4日

*平成2004年7月退職

した恒温器を使用した。

(3) 浸種温度と浸種期間が機械生産された種子の出芽に及ぼす影響 (試験3)

2004年1月～2月に「コシヒカリ」と「ふさおとめ」の2003年産種子を供試した。種子の収穫、乾燥並びに調製は試験1に示した全機械作業体系区（慣行）と同じ方法で行った。両品種について、浸種温度を15℃区と10℃区及び5℃区の3水準とし、浸種期間を15℃区では10日と7日、10℃区では14日、10日及び7日、5℃区では21日、14日、10日及び7日とした。反復数は4とした。浸種処理終了後に30℃で発芽試験を行った。

浸種及び発芽試験は、試験1と同様に所定温度に設定した恒温器を使用した。

(4) 浸種温度が育苗育苗の出芽に及ぼす影響 (試験4)

2005年2月に、2004年産の機械生産した「ふさおとめ」を供試して、浸種温度が育苗時の出芽に及ぼす影響を調査した。

試験は、育苗器を用いて保温する育苗器浸種区（平均温度13.0℃、最低10.6℃、最高16.4℃）と、外気温に近い倉庫内に静置する無加温浸種区（平均温度7.0℃、最低-1.3℃、最高19.7℃）の2水準とした。

いずれも浸種期間は7日間とした。

浸種終了後に恒温器内へ移し、28℃で16時間催芽処理し、底面に針で複数の穴をあけて育苗培土を詰めたフードバック（14.5×8cm）に1バック当り300粒を播種した。

播種後、恒温器内で28℃48時間出芽処理を行い、その後、ガラス室内で育苗した。育苗は透明のビニールで覆った園芸用棚に置いて行い、サーモスタッド付パネルヒーターで保温した（平均温度18.2℃、最低13.3℃、最高23.2℃）。試験は3反復とした。

覆土から不完全葉が抽出している個体を出芽とし、播種後7日目の出芽率を求めた。なお、種子消毒は行わず、フードバックに詰めた育苗培土の消毒は慣行法に準じた。

III 結 果

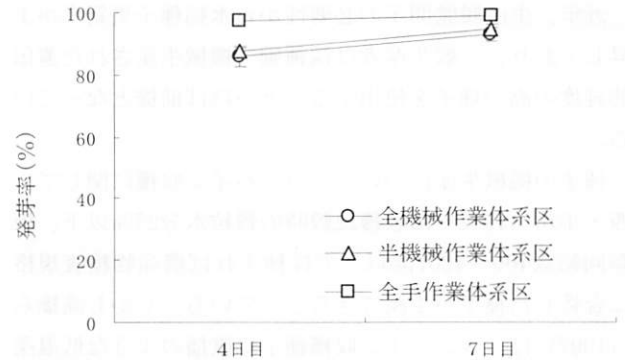
1. 収穫・乾燥・調製における機械体系が低温浸種後の発芽に及ぼす影響 (試験1)

10℃で浸種した後の発芽率を第1図に示した。4日目発芽率は、全手作業体系区では97.3%、半機械作業体系区では87.7%、全機械作業体系区では85.6%であった。7日目発芽率は、全手作業体系区では99.0%、半機械作業体系区では94.4%、全機械作業体系区では93.0%であった。

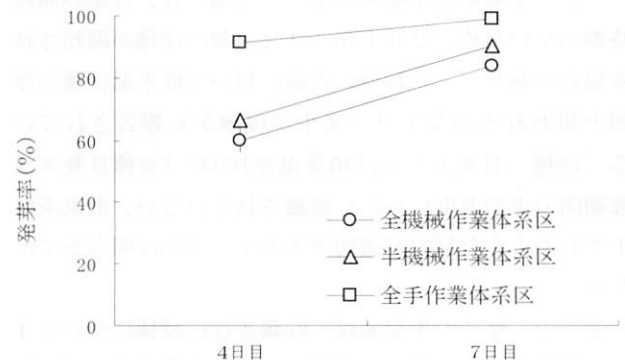
5℃で浸種した後の発芽率を第2図に示した。4日目

発芽率は、全手作業体系区では91.3%、半機械作業体系区では66.2%、全機械作業体系区では59.7%であった。また7日目発芽率は、全手作業体系区では99.0%、半機械作業体系区では90.3%、全機械作業体系区では83.6%であった。

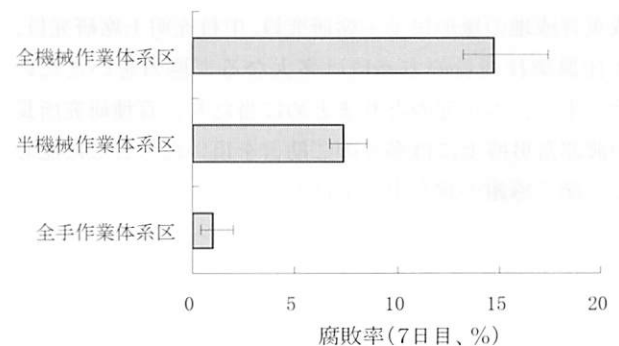
5℃で浸種した種子の発芽試験7日目における腐敗率は第3図に示したように、全手作業体系区では1%、半機械作業区では約7%、全機械作業体系区では約15%であった。



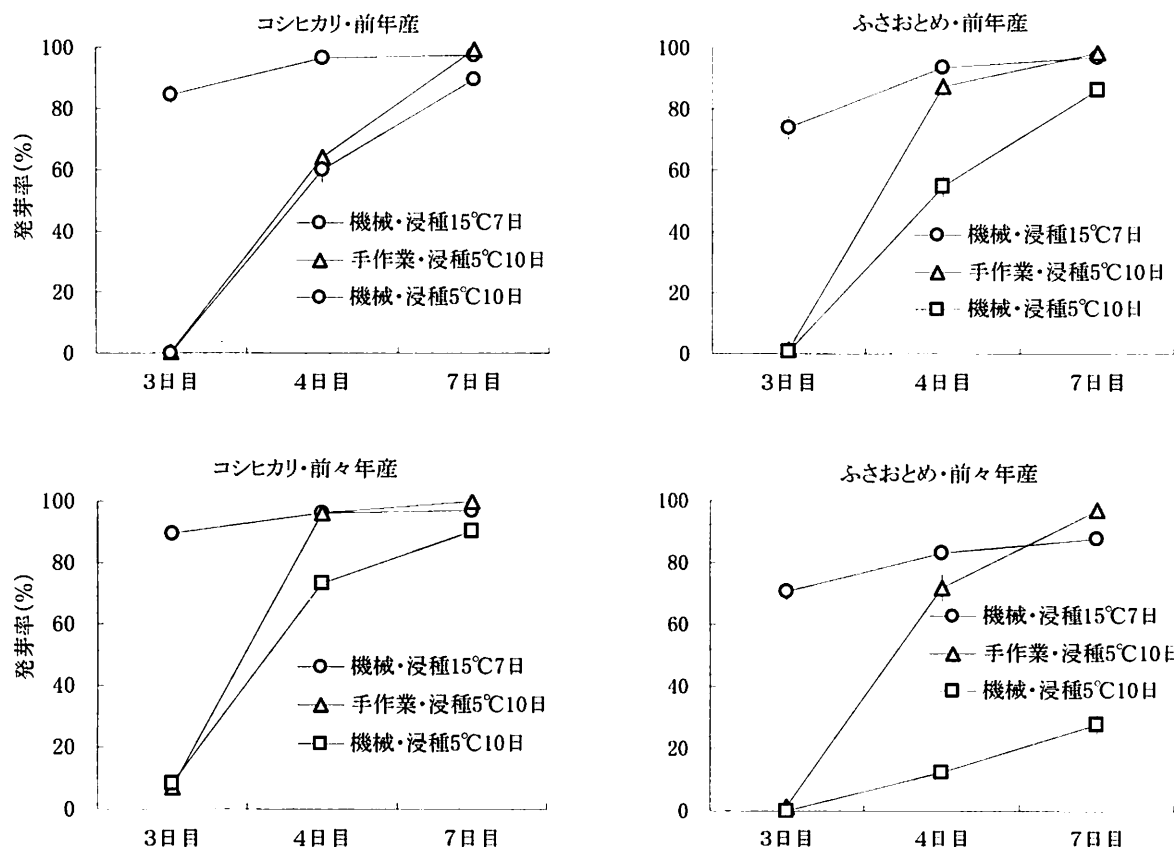
第1図 生産方法が異なる種子を10℃10日間浸種したときの発芽率
注) 図中の縦棒は標準誤差 (n=3) を示す



第2図 生産方法が異なる種子を5℃10日間浸種したときの発芽率
注) 図中の縦棒は標準誤差 (n=3) を示す



第3図 生産方法が異なる種子を5℃で浸種したときの発芽試験7日目における腐敗率
注) 図中の横棒は標準偏差 (n=3) を示す



第4図 種子生産年、生産方法、浸種条件が異なる種子の発芽率の推移

注1) 凡例の区名は生産方法・浸種温度・浸種期間を示す

注2) 図中の縦棒は標準誤差 (n=4) を示す

2. 収穫以降の機械生産、種子貯蔵が低温浸種後の発芽率に及ぼす影響 (試験2)

種子の収穫、乾燥並びに調製において、処理方法が異なる種子 (機械・手作業)、及び生産年 (前年産・前々年産) が異なる種子の浸種後の発芽率の推移を第4図に示した。

「コシヒカリ」の前年産種子では、機械・5°C10日区と手作業・5°C10日区の4日目発芽率はともに60%程度であった。7日目発芽率は、手作業・5°C10日区では99.3%であったが、機械・5°C10日区では89.5%であり、10ポイント程度低かった。一方、機械・15°C7日浸種区では4日目発芽率が96.5%、7日目が97.5%であった。

「ふさおとめ」の前年産種子では、4日目発芽率は手作業・5°C10日区では87.3%であったが、機械・5°C10日区は54.8%であり、32ポイント低かった。7日目発芽率は手作業・5°C10日区は98.3%であったが、機械・5°C10日区は86.3%であり、12ポイント低かった。機械・15°C7日浸種区では4日目発芽率が93.5%、7日目が96.8%であった。

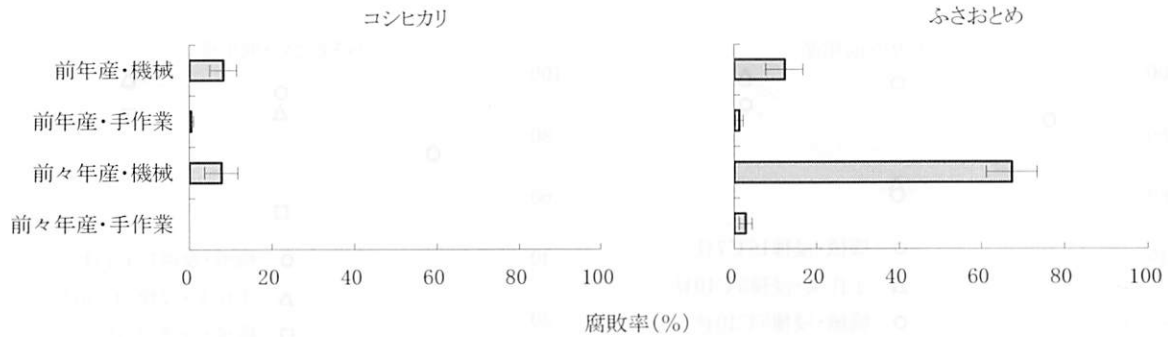
「コシヒカリ」の前々年産種子では、4日目発芽率は手作業・5°C10日区は96.3%であったが、機械・5°C10日

区は73.5%であり、23ポイント低かった。7日目発芽率は、手作業・5°C10日区では100%であったが、機械・5°C10日区では90.5%であり、10ポイント低かった。機械・15°C7日区発芽率は、4日目が96.3%、7日目が97.0%であった。

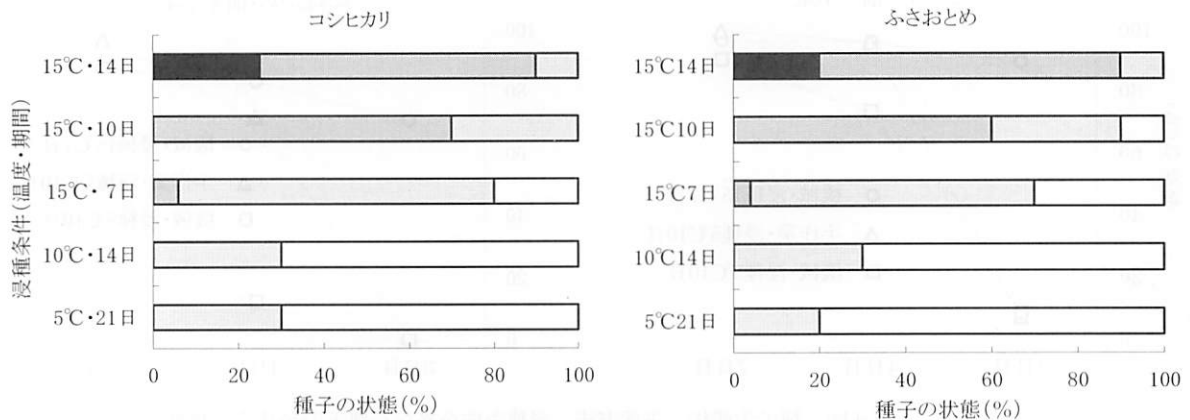
「ふさおとめ」の前々年産種子では、4日目発芽率は手作業・5°C10日区では72.0%であったが、機械・5°C10日区では12.5%であり、60ポイント低かった。7日目発芽率は、手作業・5°C10日区は97.0%であったが、手作業・5°C10日区では27.8%と著しく低かった。機械・15°C7日区発芽率は4日目が83.3%、7日目が87.8%であった。

浸種5°C10日の発芽試験7日目における腐敗率を第5図に示した。

「コシヒカリ」の手作業種子では生産年度にかかわらず腐敗はほとんどみられなかったが、機械生産種子では前年産、前々年産ともに8%前後の腐敗率であった。「ふさおとめ」では、手作業種子の腐敗率は、前年産、前々年産ともに3%未満であったが、機械生産種子では前年産が12.3%、前々年産が67.3%であった。



第5図 生産年、生産方法が異なる種子を5℃10日間浸種したときの発芽試験7日目における腐敗率
注) 図中の横棒は標準偏差 (n=4) を示す



第6図 浸種条件と浸種直後の種子の状態
■ 幼芽伸長 芽や根が1mm以上伸長した初
■ ハト胸 胚芽部が膨れた初
■ 甲割 胚芽部の初殻に割れが生じた初
□ 無 みかけ上胚芽部に変化がみられない状態

3. 浸種温度と浸種期間が機械生産された種子の出芽に及ぼす影響 (試験3)

浸種直後の種子の状態を第6図に示した。

「コシヒカリ」、「ふさおとめ」とともに浸種温度15℃では、14日間浸種(積算210℃)で幼芽の伸長が認められた。10日間浸種(積算150℃)ではハト胸率は高かったが、幼芽の伸長は見られなかった。7日間浸種(積算105℃)では幼芽の伸長した初は見られず、ハト胸率も5%程度に留まった。浸種温度10℃、5℃では、浸種期間14日でもハト胸状態に至った種子は見られなかった。

浸種後の発芽率について、積算温度100℃とした場合の浸種温度別発芽率を第7図に示した。

4日目発芽率は、「コシヒカリ」では15℃浸種では94.8%、10℃浸種では85.0%、5℃浸種では69.3%であった。また「ふさおとめ」では、15℃浸種では94.8%、10℃浸種では85.5%、5℃浸種では37.8%であり、両品種ともに、同じ積算100℃であっても浸種温度の高い方が4日目発芽率が高かった。

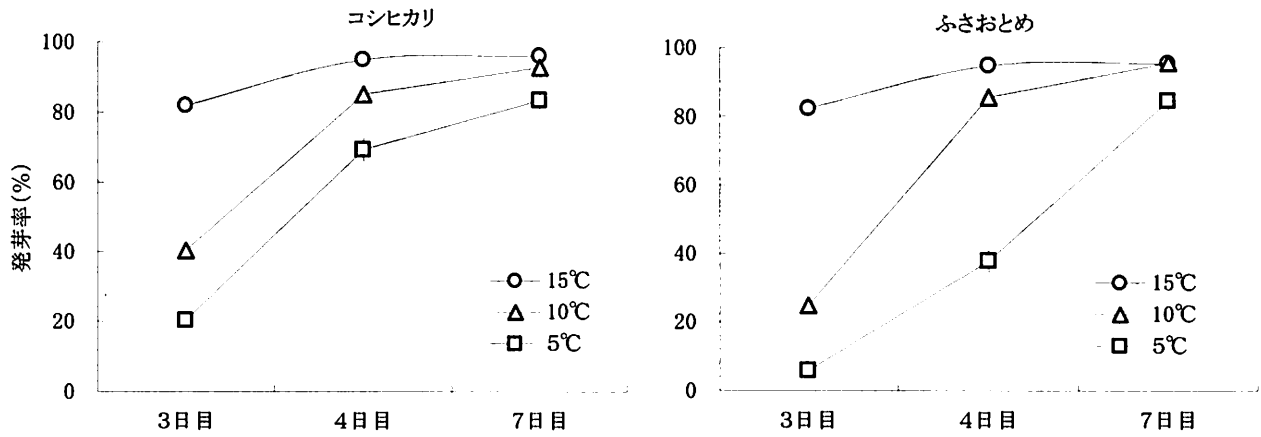
浸種温度5℃では、本試験において発芽の良否基準とした4日目発芽率80%、7日目発芽率90%に達しなかった。

浸種条件を15℃7日、及び10℃で14日、10日、7日とした場合の発芽率を第8図に示した。

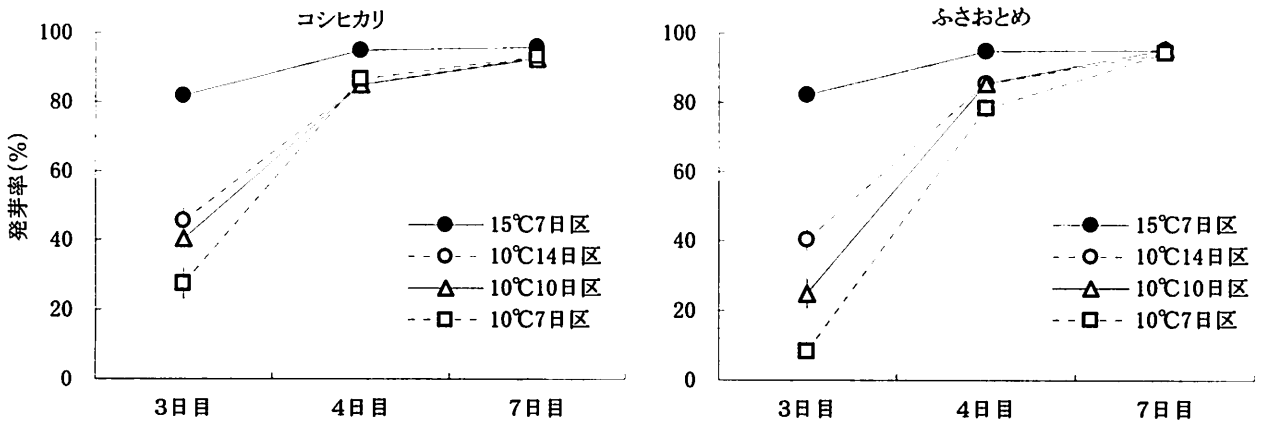
両品種ともに、3日目と4日目の発芽率は積算温度が105℃となる15℃7日区の方が積算温度が140℃となる10℃14日より高く、浸種後の発芽率は積算温度よりも浸種温度そのものが強く影響していた。

10℃浸種では、10日区と14日区の4日目発芽率は85%前後であったが、7日目発芽率は90%以上であり、浸種期間10～14日間の範囲内であれば好適な発芽率が得られた。

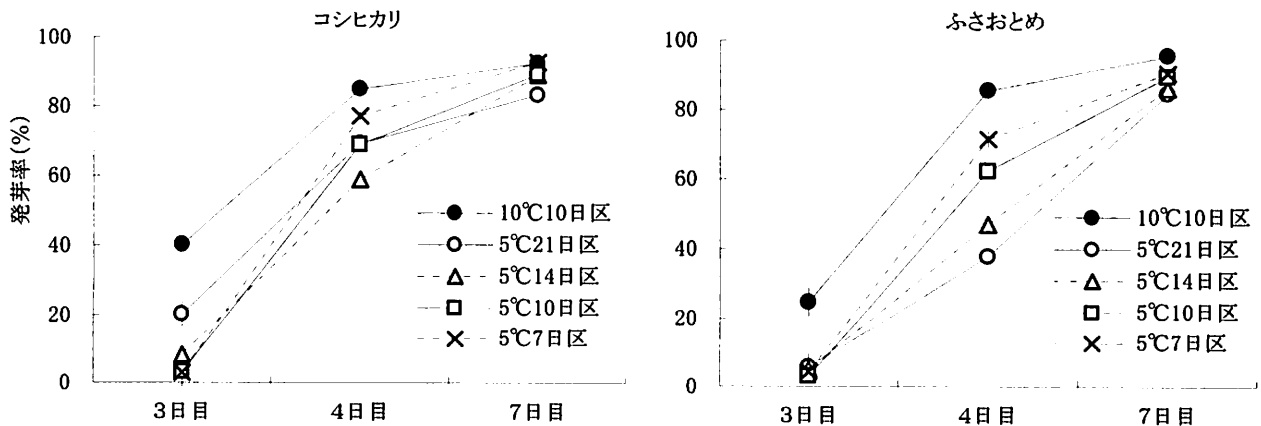
浸種条件を10℃10日、及び5℃で21日、14日、10日、7日浸種した場合の発芽率を第9図に示した。両品種ともに5℃では、いずれの浸種期間であっても4日目発芽率は80%未満であった。



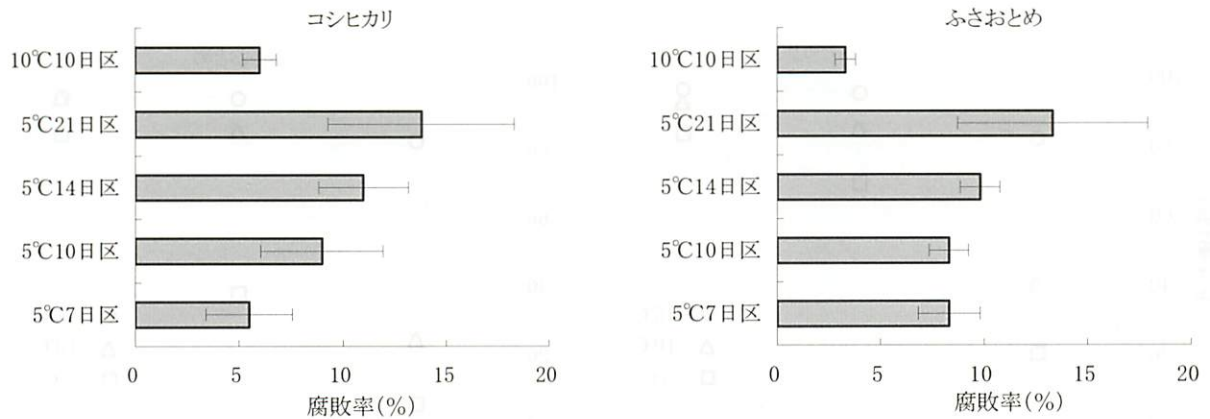
第7図 積算100°Cで浸種した時の浸種温度と発芽率
注) 図中の縦棒は標準誤差 (n=4) を示す



第8図 浸種条件と発芽率
注1) 凡例の区名は、浸種温度・浸種期間を示す
注2) 図中の縦棒は標準誤差 (n=4) を示す



第9図 浸種条件と発芽率
注1) 凡例の区名は、浸種温度・浸種期間を示す
注2) 図中の縦棒は標準誤差 (n=4) を示す



第10図 浸種条件と発芽試験7日目における腐敗率

注) 図中の横棒は標準偏差 (n=4) を示す

第1表 浸種条件が育苗時の出芽率に及ぼす影響

浸種場所	浸種期間の温度 (°C)			催芽前の種子の状態 (%)			催芽後の種子の状態 (%)			出芽率 (%)
	最高	最低	平均	ハト胸	甲割	無	ハト胸	甲割	無	
育苗器	16.4	10.6	13.0	1.9	13.2	84.9	80.7	12.5	6.8	84.1
室内無加温	19.7	-1.3	7.0	0.0	10.8	89.2	31.0	20.7	48.3	58.4
無浸種	—	—	—	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.4

注1) 出芽の定義は播種7日後に覆土から不完全葉が抽出しているものとした

2) 品種は「ふさおとめ」。播種は2005年2月18日



写真1 育苗器内浸種(平均温度13°C)



写真2 室内無加温浸種(平均温度7°C)

5°C浸種では、第10図に示したように発芽試験7日目における腐敗率が全体的に高く、浸種期間が長くなると増加する傾向が認められた。

4. 浸種水温が稚苗育苗の出芽に及ぼす影響(試験4)

結果を第1表と写真1、写真2に示した。

育苗器内(平均温度13.0°C、最低10.6°C、最高16.4°C)で浸種した場合、ハト胸率は、浸種後では1.9%、催芽後では80.7%であり、播種7日後の出芽率は84.1%であった。室内無加温(平均温度7.0°C、最低-1.3°C、最高19.7°C)で浸種した場合、ハト胸率は、浸種後では0%、催芽後では31%、播種7日後の出芽率は58%であった。

IV 考 察

本試験では、慣行の機械生産体系種子は低温浸種後の発芽率が劣り、浸種期間が長くなるほど発芽率が低下することを確認した。機械作業工程において籾が損傷し、浸種における低温環境が加わることによって発芽率の低下が助長されたと思われる。また、収穫、乾燥並びに調製の過程で機械作業が多くなるほど低温浸種後の発芽率が低下することを明らかにした。このことは、生産方法や機械の部分的な改良によって、低温浸種後の発芽率を向上させる可能性があることを示唆している。機械作業工程における籾の損傷について、井上ら(1982)は、コ

ンバイン収穫では収穫時種子含水率が高いほど損傷が多くなるとしており、発芽率の向上を図る方法として種子生産者が籾の水分に留意して収穫することが必要であろう。

天候不良等の原因で生産量が少なくなった場合、15℃以下で貯蔵された前々年産種子、いわゆる「低温貯蔵種子」が利用される場合がある。貯蔵種子の浸種について、佐藤ら（2003）は1年以上貯蔵した種子は5℃浸種では発芽率の低下がみられるため浸種温度は10～15℃とする必要があるとしている。

前々年産種子の低温浸種後の発芽率は、手作業種子では高かったが、機械生産種子では貯蔵期間が長くなるとより大きく低下した。これは、機械作業によって籾が受けた損傷により、発芽不良を引き起こす何らかの原因が貯蔵期間中に増大したことを示していた。また、前々年産機械生産種子の低温浸種後の発芽率低下は「ふさおとめ」で顕著であった。この結果が「ふさおとめ」の品種特性であるかについてはさらに検討が必要であるが、浸種水温を10～15℃とすることで、発芽率の改善は図れると考えられる。

次に、機械生産種子について、浸種水温、浸種期間と浸種中の芽の動き、浸種後の発芽率から、積算温度100℃の妥当性について考察する。

浸種は水温が高いと浸種中に芽が動き出し、催芽後の出芽不揃いの原因となる。また幼芽が長くなると機械播種に不適となるため、浸種中はむしろ芽が動かない方が好ましい。試験3では、「コシヒカリ」、「ふさおとめ」共に10℃浸種では積算140℃となる14日間浸種においてはハト胸状態にまで至る種子はみられなかったが、15℃で浸種した場合、積算105℃となる浸種7日目頃から幼芽の伸長がみられた。また、山本ら（1986）の報告では、「コシヒカリ」の浸種温度を12.5℃とした場合、15日間浸種（積算187.5℃）でも幼芽は伸長していない。よって、比較的高い温度で浸種を続けると幼芽の伸長が始まると思われ、15℃では7日間程度が好適であると考えられる。

次に、浸種後の発芽率について、試験3では、積算温度が同じ100℃であっても浸種温度の高い方が4日目発芽率は高かった。また、積算140℃となる10℃14日間浸種区よりも積算105℃の15℃7日浸種区の方が浸種後の発芽率が高くなった。このことから、発芽率は、浸種中の積算温度が同じであれば良好になるのではなく、浸種温度そのものが強く影響していると考えられる。

植物の開花や結実、休眠の消長や害虫の発生予測等に使われる指標である「積算温度」は、多くの場合、ある温度以上を有効温度としてとらえて積算している。

水稲種子の浸種においては、積算温度を100℃として

いるものの、種子内で発芽の準備が開始される温度、すなわち有効温度が設定されていない。すなわち、一般の生産者が温度と日数の積から算出された積算温度をそのまま目安とした事が問題であったと考えられる。

「コシヒカリ」、「ふさおとめ」両品種ともに80%以上の4日目発芽率が得られる浸種条件は、15℃では7日間、10℃では10～14日間であり、通常言われている積算温度100℃はその範囲内に入る。しかし、10℃未満の水温の場合、日数との積によって得られた積算温度100℃では、むしろ日数の延長に伴って腐敗率が高くなり出芽率が低下している。したがって、10℃という下限を設け、この温度以上を有効とした積算温度100℃の基準を示すことで、発芽不良の問題は軽減されることが考えられる。

以上のことから、機械生産種子、及び貯蔵種子は低温浸種後の発芽率が低下するが、低温期に浸種する場合、育苗器等を利用して水温10～15℃の範囲内の水温を確保し、積算温度100℃を目安とすれば、出芽率の改善が図れると思われる。

V 摘 要

低温期の育苗における出芽不良の原因を明らかにするため、低温浸種が機械生産種子の発芽に及ぼす影響、及び機械生産種子の適切な浸種条件について検討した。

1. 収穫・乾燥・調製作業を機械作業で行った種子は手作業で行った種子よりも低温浸種後の発芽率は低く、また、機械作業の割合が多いほど低温浸種後の発芽率は低下した。
2. 機械生産種子に適切な浸種温度及び日数は、15℃では浸種中に芽が伸び始める前の7日間程度、10℃では浸種期間7～14日であった。
3. 浸種温度5℃では発芽率は低く、浸種期間が長くなるとさらに低下した。
4. 積算温度100℃という基準は、水温10～15℃の範囲内で適用できると考えられた。

VI 引 用 文 献

- 井上俊作・長谷川理成・飯嶋桂・鶴澤正昭・竹内均
（1982）. 水稲種子のコンバイン収穫に関する研究.
千葉県原種農場研究報告. 4 : 1-6.
- 佐藤徹・浅井善広・中嶋健一・原田惇・川上修・長澤裕
滋・田村隆夫（2003）. 水稲貯蔵種子の発芽に及ぼす浸種温度および浸種日数の影響. 北陸作物学会報.
38 : 21-24.

- 高橋久光・保母禎造・増岡彩子・太田保夫 (1997). コンバインおよびバインダー収穫種籾の発芽・苗立ち. 農及園. 72 : 309-313.
- 山本良孝・川上義昭・川口祐男 (1986). 水稻種子籾の浸種温度及び浸種日数が催芽並びに発芽に及ぼす影響. 日作紀. 55(別1) : 216-217.
- 西忠泰・小川福松 (1982). 水稻のコンバイン採種が種子の損傷と発芽に及ぼす影響. 滋賀県農試研報. 24 : 39-50.

The Method of Soaking of Rice Seeds which was Produced with Machines, in the Low Temperature Period

Tatsuya HIRAI, Kiyoshi WADA^{*1}, Kouichi SAITO

Key words : seed soaking, accumulative temperature, establishment of seedling, machine production, low temperature storage seed

Summary

We examined the influence of seed soaking in low temperature water on germination of rice seeds which was produced with machines, to clarify a cause of the poor budding, and the appropriate soaking condition in the low temperature period.

1. As for the seeds which performed a crop, drying, preparation work by machine work has lower germination rate than manual labor preparation seeds after soaking in low temperature water. In addition, the germination rate after soaking in low temperature water fell so that a ratio of the machine work rose.
2. The temperature and the period of seed soaking suitable for seeds which was produced with machines were 7-14 days at 10 degrees Celsius, 7 days at 15 degrees Celsius.
3. The germination rate was low after seed soaking at 5 degrees Celsius, and fell so that a seed soaking period became long.
4. It was thought that the standard of accumulated temperature 100 degrees Celsius could apply to it within water temperature 10-15 degrees Celsius.

^{*1} Present Address : July, 2006 Resignation