

温湯消毒後にイネばか苗病菌を増殖させない水稻種子の乾燥および保管方法

井田陽介*・北澤健

Rice Seed Drying and Storage after Hot Water Treatment for Preventing *Gibberella fujikuroi* Proliferation

Yosuke IDA and Takeshi KITAZAWA

キーワード: イネばか苗病, 温湯消毒, 種子保管方法, 種子水分率

温湯種子消毒 (以下、温湯消毒) したイネ種子について、種子上のイネばか苗病 (以下、ばか苗病) 菌の増殖を防ぐための適切な乾燥方法および保管条件について検討した。

- 1) ばか苗病罹病種子を温湯消毒後、保管温度 5~10℃かつ保管湿度 77%RH で保管すれば、60 日間保管しても菌の増殖は認められなかった。また、保管温度 5~20℃、保管湿度 77~99%RH の範囲においては、保管温湿度が高く保管日数が長いほど菌数が増加する傾向が見られた。
- 2) ばか苗病罹病種子を温湯消毒後、脱水機と通風乾燥機を用いて種子水分率を 15%程度まで低下させれば、その後、15℃99%RH で 56 日間保管しても菌の増殖は認められなかった。
- 3) 玄米果皮より外側に保菌している種子に対して温湯消毒の効果は高かったが、玄米内部まで保菌している種子に対しては効果が低いことが明らかとなった。
- 4) 温湯消毒処理施設において温湯消毒された 4kg 種子袋について、脱水機と乾燥機を組み合わせた処理では、種子水分率が 15%程度まで低下した。一方、脱水機のみでの処理では種子水分率は 20%程度にしか低下せず、保管種子上ではばか苗病菌が増殖する恐れがある。

1. 緒言

滋賀県では、化学合成農薬と化学肥料の使用量を慣行の 5 割以下に削減するとともに、環境への負荷削減に配慮した“環境こだわり農業”を推進しており、平成 24 年には水稻作付面積の 1/3 強にあたる約 12,000ha で環境こだわり農業による水稻生産を行っている。環境こだわり農産物の生産にあたり、化学合成農薬の使用量を削減する手法として、水稻種子の温湯消毒は重要な技術となっており、広く取り組まれている。しかし、現場においては、更新種子を適切に温湯消毒しても、ばか苗病が多発する事例が認められ、温湯消毒種子を用いた場合のばか苗病対策が課題となっている。

現地調査の結果、同時に温湯消毒した種子であっても、その後の保管状況により、ばか苗病の発生程度に違いがあることが明らかとなった。温湯消毒後の種子の保管については、

消毒後に種子を風乾すると、室内冷暗所で約 2 か月間保管しても、いもち病・もみ枯細菌病に対する防除効果および発芽率の低下は認められないと報告されている¹⁾。しかしながら、保管条件がばか苗病の防除効果に及ぼす影響は明らかになっていない。また、保管種子の種子水分率とばか苗病の発病との関係について、健全種子にばか苗病罹病種子を 5%混入した種子を温湯消毒後、種子水分率を約 20%および約 16%に調整し、15℃で長期保管すると、20%でのみ発病が確認されたと報告されている²⁾が、保管種子における菌の動態については確認されていない。

水稻種子の浸種時に、ばか苗病罹病種子から離脱した分生孢子や菌糸が健全種子に感染を引き起こすことが知られている³⁾が、温湯消毒後の種子保管条件や、種子乾燥方法によっては、種子中で生き残った菌から分生孢子および菌糸が形成される可能性がある。そこで、本報では、①温湯消毒後の種

*現 滋賀県農政水産部農業経営課

子保管条件および種子乾燥方法の違いがばか苗病菌の増殖に及ぼす影響について検討した。また、温湯消毒のばか苗病に対する防除効果が低いことについて原因を究明するため、②ばか苗病菌の種子内部への侵入程度が温湯消毒の効果に与える影響について検討した。さらに、現場における温湯消毒後の保管種子の乾燥程度を明らかにするため、③県内の温湯消毒処理施設における温湯消毒後の保管種子の種子水分率調査を実施したので報告する。

2. 材料および方法

2. 1 温湯消毒後の種子保管条件の違いがばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

温湯消毒後の種子保管条件の違いがばか苗病菌の増殖に及ぼす影響を明らかにするため、ばか苗病の感染程度が異なる2種類の種子を供試し、以下の試験を行った。

2. 1. 1 自然感染種子における温湯消毒後の種子保管条件がばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

2009年に滋賀県近江八幡市のばか苗病多発ほ場より採種した自然感染種子(品種「秋の詩」, 罹病種子率: 温湯消毒前91%, 温湯消毒後3%, 駒田培地上の鮭肉色の菌叢の有無により判定)を供試した。温湯消毒後の保管条件は、温度が5, 10, 15, 20℃, 湿度が77, 99%RH、保管日数は7, 14, 31, 60日とした。保管温湿度毎に種子(乾初重量15g×3反復)をナイロン製の網袋に入れ、温湯消毒(60℃10分間)後、軽く水切りし、新聞紙上にて室温で3時間風乾した。その後、網袋を密閉容器に入れて各条件で保管した。なお、調湿物質として、保管湿度99%RH区では水道水を、保管湿度77%RH区では塩化ナトリウムの飽和水溶液をシャーレに入れ、密閉容器内に設置した。各保管日数を経過した日に、次の方法でばか苗病菌数を測定し、種子上のばか苗病菌の増殖の指標とした。すなわち、各温湿度で保管している網袋毎の種子から3g(乾初換算)を取り出して30mlの滅菌水に入れ、軽く攪拌後、100μlを駒田培地に塗布した。25℃14日間培養後、ばか苗病菌のコロニーを計数した。試験は3反復で実施した。

なお、保管温度15℃の試験区のみ、各保管日数が経過する毎に保管中の種子0.6g程度を取り出し、種子水分率を米表水分計(株式会社ケット科学研究所製)で測定した。また、温湯消毒直後にも保管日数0日として、上述の方法にて、滅菌水中のばか苗病菌数と種子水分率を測定した。

2. 1. 2 開花期接種種子における温湯消毒後の種子保管条件がばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

2009年に滋賀県農業技術振興センター内のほ場で得た開花期接種種子(品種「キヌヒカリ」, 罹病種子率: 温湯消毒前

100%, 温湯消毒後46%, 駒田培地上の鮭肉色の菌叢の有無により判定)を供試した。温湯消毒後の保管条件は、温度が5, 10, 15, 20℃, 湿度が77, 99%RH、保管日数は7, 14, 31, 46, 60日とした。保管温湿度および日数毎に種子(乾初重量4g×2反復)をナイロン製の網袋に入れ、温湯消毒(60℃10分間)後、軽く水切りし、新聞紙上にて室温で3時間風乾した。その後、網袋を密閉容器に入れて各条件で保管した。なお、調湿物質として、保管湿度99%RH区では水道水を、保管湿度77%RH区では塩化ナトリウムの飽和水溶液をシャーレに入れ、密閉容器内に設置した。各保管日数を経過した日に、次の方法でばか苗病菌数を測定し、種子上のばか苗病菌の増殖の指標とした。すなわち、各温湿度で保管している種子を網袋から全て取り出して40mlの滅菌水に入れ、軽く攪拌後、100μlを駒田培地に塗布した。25℃14日間培養後、ばか苗病菌のコロニーを計数した。試験は2反復で実施した。

なお、保管温度15℃の試験区のみ、保管湿度および保管日数毎に4g(乾初重量)種子入りの網袋を別途保管し、各保管日数が経過する毎に、0.6g程度を取り出し、種子水分率を米表水分計(株式会社ケット科学研究所製)で測定した。また、温湯消毒直後にも保管日数0日として、上述の方法にて、滅菌水中のばか苗病菌数と種子水分率を測定した。

2. 2 温湯消毒後の乾燥処理がばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

本県の温湯消毒処理施設においては、種子を温湯消毒した後に脱水機や乾燥機によって乾燥処理を行っている。そこで、こうした乾燥処理が、ばか苗病菌の増殖に及ぼす影響を明らかにするため、以下の試験を実施した。

供試種子は、2. 1. 1と同様の種子を用いた。種子4g(乾初重量)をナイロン製の網袋に入れ、温湯消毒(60℃10分間)後、各種条件(乾燥1: 軽い水切りのみ, 乾燥2: 軽い水切り+新聞紙上で2時間風乾, 乾燥3: 家庭用脱水機5分間+通風乾燥20℃60分, 乾燥4: 家庭用脱水機5分間+通風乾燥20℃5時間)で乾燥処理を行った。その後、網袋を密閉容器に入れて、温度15℃, 湿度99%RHで7, 14, 28, 56日間保管した。保管後は、次の方法でばか苗病菌数を測定し、種子上のばか苗病菌の増殖の指標とした。すなわち、網袋から種子を全て取り出し40mlの滅菌水に入れ、軽く攪拌後、100μlを駒田培地に塗布し、25℃14日間培養後、ばか苗病菌のコロニーを計数した。試験は3反復で実施した。併せて、乾燥条件および保管日数毎に4g(乾初重量)種子入りの網袋を別途保管し、各保管日数が経過する毎に、0.6g程度を取り出し、種子水分率を米表水分計(株式会社ケット科学研究所製)で測定した。また、温湯消毒直後(保管日数0日)においても、上述の方法にて、種子水分率を測定した。

2. 3 ばか苗病菌の種子内部への侵入程度が温湯消毒の効果に与える影響

試験2. 1および2. 2に供試した自然感染種子および開花期接種種子は、温湯消毒の効果に違いがある。この原因として、ばか苗病菌の種子内部への侵入程度が関与していると考えられた。このことを確かめるため、以下の試験を実施した。

供試種子は、2. 1. 1および2. 1. 2と同様の種子とした。A：温湯消毒区、B：無処理区を設け、それぞれについて、a：そのまま駒田培地に置床、b：表面殺菌後に駒田培地に置床、c：もみすりして表面殺菌後に駒田培地に置床、の3処理を行った。表面殺菌として、70%エタノールに15秒浸漬後、1%次亜塩素酸ナトリウム溶液に1分間浸漬し、その後、滅菌水に2分間浸漬を2回繰り返し、表面が乾くまで風乾する処理を行った。処理区毎の供試種子数は、200粒程度とし、駒田培地上の鮭肉色の菌叢の有無により罹病種子の判定を行った。

なお、保菌部位については、処理cの罹病種子は玄米内部まで、処理bの罹病種子数から処理cの罹病種子数を引いた分の罹病種子は内・外穎表皮内～玄米果皮上まで、処理aの罹病種子数から処理bの罹病種子数を引いた分の罹病種子は内外穎表皮上まで、菌が侵入しているが見なし、供試種子の最深保菌部位毎の罹病種子率の割合を算出した。

2. 4 温湯消毒処理施設における温湯消毒種子の保管日数毎の種子水分率

温湯消毒種子を販売している本県の温湯消毒処理施設のうち、6施設を対象に聞き取り調査を行ったところ、温湯消毒後の乾燥処理として、脱水機と乾燥機を組み合わせる施設と、脱水機のみ用いる施設の2種類あることがわかった。現場における温湯消毒後の保管種子の乾燥程度を明らかにするため、これら2種類の乾燥処理が行われる、県内の温湯消毒処理施設（以下、施設Aおよび施設Bとする）において、2013年2月26日～3月26日にかけて、温湯消毒種子の種子水分率を測定した。

施設Aでは、種子（品種「コシヒカリ」）はナイロン製網袋（37cm×45cm）に1袋あたり4kg入れられ、温湯消毒した後、脱水機をかけ、種子袋を通風乾燥機に積み込み、9日間の通風乾燥が行われる（写真1）。なお、通風乾燥機には1回の処理で種子袋30袋×4段積み=120袋が入れられる。また、通風乾燥の際、加温はされていない。乾燥処理後は、紙製の袋に4kg種子袋が5つずつ詰められ、倉庫内のパレットの上に静置された。

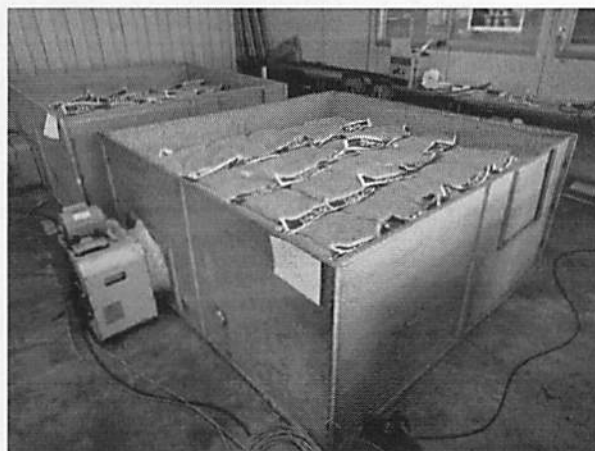


写真1 通風乾燥機による乾燥処理の様子

施設Bでは、種子（品種「キヌヒカリ」）はナイロン製網袋（37cm×45cm）に1袋あたり4kg入れられ、温湯消毒した後、脱水機をかけ、通風乾燥は行われず、倉庫内のパレットの上に4kg種子袋が静置された（写真2）。

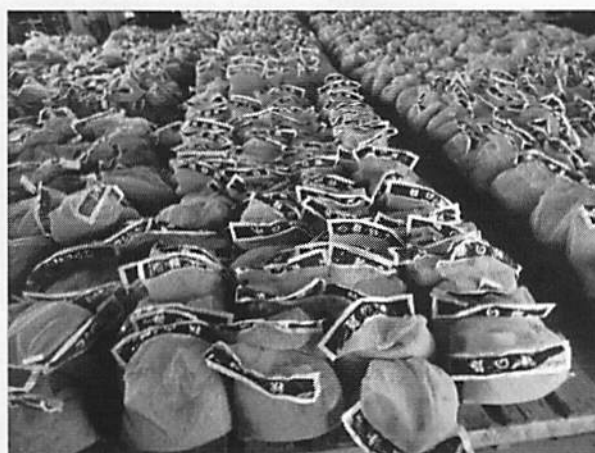


写真2 脱水機による処理後の保管状態

保管種子の種子水分率の測定には、米麦水分計（株式会社ケット科学研究所製）を用いた。また、保管場所の温湿度を、温湿度記録計（T&D社製）で測定した。なお、種子水分率を測定する際、種子袋の表面に近い部分と、種子袋の中心部分から種子を採取した。種子袋の中心部分の種子は、二重管穀刺を用いて採取した。種子水分率の調査は、施設Aでは温湯消毒直後（2月26日）、8日後（3月6日）、15日後（3月13日）、21日後（3月19日）に、施設Bでは温湯消毒直後（2月26日）、8日後（3月6日）、15日後（3月13日）、28日後（3月26日）に、それぞれ計4回実施した。施設Aの温湯消毒直後、8日後、15日後の種子は、同一の種子袋から種子を採取し、21日後だけ異なる種子袋から採取した。施設Bは、調査毎に異なる種子袋から種子を採取した。

なお、温湯消毒処理施設で実施されることはないが、個人農家などで、温湯消毒後に脱水機や乾燥機による処理を行わ

ず、そのまま保管する場合があります。こうした場合の保管中の種子水分率の推移を調べるため、施設Bの温湯消毒直後(2月26日)の種子水分率を調査した後に、種子袋を持ち帰り、滋賀県農業技術振興センター内の室内に静置し、8日後(3月6日)、15日後(3月13日)、21日後(3月19日)、28日後(3月26日)の種子水分率を測定した。

3. 結果

3. 1 温湯消毒後の種子保管条件の違いがばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

3. 1. 1 自然感染種子における温湯消毒後の種子保管条件がばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

種子保管条件毎の滅菌水中に離脱するばか苗病菌数を表1

表1 自然感染種子の温湯消毒後の各保管条件における滅菌水中に離脱するばか苗病菌数¹⁾

保管条件		保管日数				
温度	湿度	0日	7日	14日	31日	60日
5℃	77%RH		0	0	0	0
	99%RH		0	0	0	0
10℃	77%RH		0	0	0	0
	99%RH	0 ²⁾	0	0	0	(3.5±3.2)×10
15℃	77%RH		0	0	0	0
	99%RH		0	(1.2±0.3)×10 ²	(1.3±0.6)×10 ²	(3.0±2.9)×10 ³
20℃	77%RH		0	0	0	0
	99%RH		(1.3±0.5)×10 ²	(1.5±0.1)×10 ³	(5.1±1.0)×10 ²	(7.7±6.7)×10 ³

1) 数値は滅菌水中のばか苗病菌数±SE [cfu/100μl (種子3g/滅菌水30ml)]

2) 温湯消毒直後の測定値

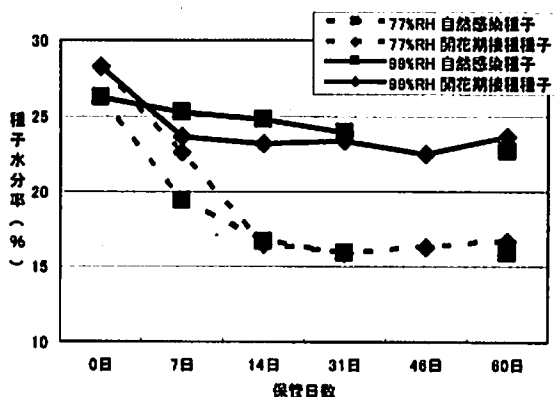


図1 保管温度15℃における保管湿度別の種子水分率の推移

3. 1. 2 開花期接種種子における温湯消毒後の種子保管条件がばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

種子保管条件毎の滅菌水中に離脱するばか苗病菌数を表2に示した。湿度77%RHで保管した場合、5℃と10℃では保管日数7~60日のいずれの区でも菌は検出されなかった。15℃では7~46日では菌が検出されなかったが、60日では検出された。20℃では、7日、31日、60日で菌が検出された。湿度

に示した。いずれの保管温度でも、保管湿度が77%RHでは、滅菌水中にばか苗病菌は認められなかった。保管温度5℃・99%RH区では保管60日後でも滅菌水中にばか苗病菌は認められなかった。10℃・99%RH区では保管60日後のみ菌が認められた。15℃・99%RH区では保管14日後から、20℃・99%RH区では保管7日後から、菌が認められた。つまり、保管湿度99%RHでは、保管温度が高く、保管日数が長くなるほど、検出される菌数が増加する傾向が見られた。

保管温度15℃における種子水分率の変化を図1に示した。温湯消毒後に水切り・風乾した状態では26.2%であった。その後、15℃77%RHで保管すると、保管7日後には19.4%、保管14日後以降は16%前後で推移した。15℃99%RHで保管すると、徐々に水分は低下するものの、その度合いは緩慢で、保管60日後で23%前後であった。

99%RHで保管した場合、5℃では保管日数7~46日では菌が検出されなかったが、60日では検出された。10℃では7~14日では菌が検出されなかったが、31日以上では検出された。15~20℃では7日以上の全区で菌が検出された。なお、3.1.1と同様に、保管湿度99%RHでは、保管温度が高く、保管日数が長くなるほど、検出される菌数が増加する傾向が見られた。

保管温度 15°Cにおける種子水分率の変化を図 1 に示した。温湯消毒後に水切り・風乾した状態では 28.3%であった。そ

の後の水分低下の仕方は、3. 1. 1 の自然感染種子とほぼ同様であった。

表 2 開花期接種種子の温湯消毒後の各保管条件における滅菌水中に離脱するばか苗病菌数¹⁾

保管条件		保管日数					
温度	湿度	0日	7日	14日	31日	48日	60日
5°C	77%RH		0	0	0	0	0
	99%RH		0	0	0	0	(6.2±0.5)×10 ⁴
10°C	77%RH		0	0	0	0	0
	99%RH	0 ²⁾	0	0	(8.7±0.5)×10 ²	(7.7±1.7)×10 ³	(5.7±1.0)×10 ⁴
15°C	77%RH		0	0	0	0	1.5±0.5
	99%RH		0.5±0.5	(5.9±5.7)×10	(5.0±3.1)×10 ³	(5.0±4.6)×10 ³	(5.0±4.9)×10 ⁴
20°C	77%RH		2.5±1.5	0	1.0±1.0	0	1.0±1.0
	99%RH		(2.8±0.1)×10 ²	(1.4±0.2)×10 ³	(2.3±0.1)×10 ⁴	(6.6±0.4)×10 ⁴	(3.4±0.4)×10 ⁴

1) 数値は滅菌水中のばか苗病菌数±SE (cfu/100μl (種子 4g/滅菌水 40ml))
2) 温湯消毒直後の測定値

3. 2 温湯消毒後の乾燥処理がばか苗病菌の増殖に及ぼす影響

15°C99%RH の保管条件下で、温湯消毒後の乾燥レベルおよび保管日数毎の滅菌水中に離脱するばか苗病菌数を表 3 に

示した。乾燥 1, 2 では、保管日数 7 日以上全区で菌が検出された。乾燥 3, 4 では、保管日数 7~56 日のいずれの区でも菌は検出されなかった。

表 3 乾燥レベルおよび保管¹⁾日数毎の滅菌水中に離脱するばか苗病菌数²⁾

乾燥レベル ³⁾	保管日数			
	7日	14日	28日	56日
乾燥1	3.7±1.8	(7.8±1.1)×10	(7.2±5.0)×10 ²	- ⁴⁾
乾燥2	6.3±4.5	(8.9±6.0)×10	(4.0±1.7)×10 ²	(4.4±0.8)×10 ²
乾燥3	0	0	0	0
乾燥4	0	0	0	0

1) 保管湿度は 15°C99%RH
2) 数値は滅菌水中のばか苗病菌数±SE (cfu/100μl (種子 4g/滅菌水 40ml))
3) 乾燥 1: 軽い水切りのみ, 乾燥 2: 軽い水切り+新聞紙上で 2 時間風乾, 乾燥 3: 家庭用脱水機 5 分間+通風乾燥 20°C60 分, 乾燥 4: 家庭用脱水機 5 分間+通風乾燥 20°C5 時間
4) 乾燥 1 の保管日数 56 日においては、他の *Fusarium* 属菌の繁殖が著しく、ばか苗病菌を単別できなかった。

種子水分率は、乾燥 1 では 30%から 25%の間で推移した。乾燥 2, 3, 4 では、56 日間の保管期間中に約 21%に向けて収束する傾向を示した (図 2)。

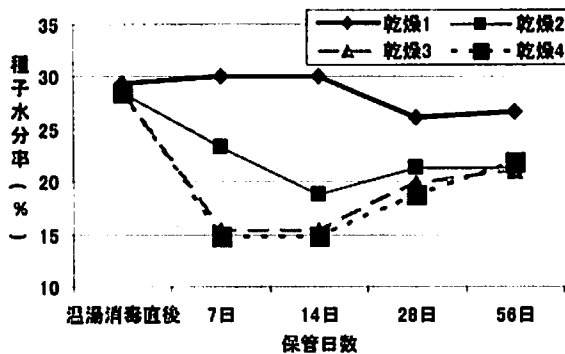


図 2 乾燥レベルおよび保管日数毎の種子水分率

※保管湿度は 15°C99%RH

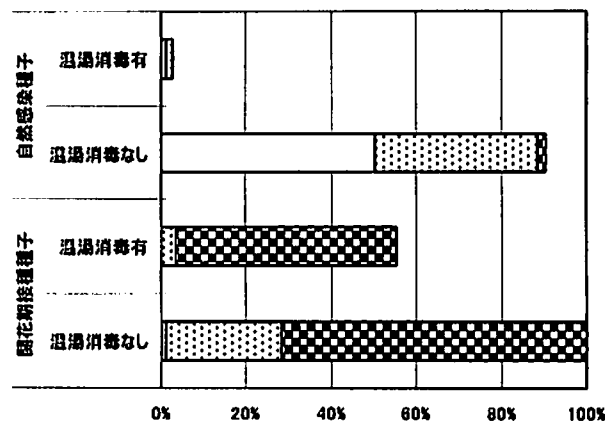
3. 3 ばか苗病菌の種子内部への侵入程度が温湯消毒の効果に与える影響

自然感染種子および開花期接種種子に 3 種類の処理 (処理 a: 種子をそのまま駒田培地に置床, 処理 b: 種子を表面殺菌後に駒田培地に置床, 処理 c: もみすりして表面殺菌後に駒田培地に置床) を行い、それぞれの罹病種子率を表 4 に示す。

表 4 温湯消毒の有無と種子殺菌処理に伴う罹病種子率

供試種子	温湯消毒	処理内容	供試種子 (60×77E)	供試種子数	罹病種子率 (%)
自然感染種子	有	a	なし	200	2.5
	有	b	なし	200	1.5
	有	c	なし	200	0
	なし	a	なし	200	90.5
	なし	b	有	200	40.0
	なし	c	有	200	2.0
開花期接種種子	有	a	なし	208	48.2
	有	b	有	208	55.3
	有	c	なし	208	51.9
	なし	a	なし	208	100
	なし	b	有	208	99.0
	なし	c	有	208	71.6

3 種類の処理における罹病種子率の差を目安として、最深保菌部位毎の罹病種子率の割合を求めた(図3)。その結果、自然感染種子では玄米内部まで保菌した罹病種子率は2.0%と低く、菌の侵入は、ほとんどが内外顔表皮上や内外顔表皮内～玄米果皮上にとどまっておき、温湯消毒の効果も高かった。一方、開花期接種種子では玄米内部まで保菌した罹病種子率は71.6%であり、菌の種子内部への侵入程度は自然感染種子に比べて極めて高かった。また、温湯消毒については、玄米内部まで保菌している種子には効果が低い傾向が認められた。



□ 内外顔表皮上 ▨ 内外顔表皮内～玄米果皮上 ▩ 玄米内部
 図3 最深保菌部位毎の罹病種子率の割合

※1 内外顔表皮上: 処理a-処理bの罹病種子率、内外顔表皮内～玄米果皮上: 処理b-処理cの罹病種子率、玄米内部: 処理cの罹病種子率
 ※2 開花期接種種子における温湯消毒有の内外顔表皮上の分布率は、マイナスの値をとるため、0%とした

3. 4 温湯消毒処理施設における温湯消毒種子の保管日数毎の種子水分率

温湯消毒処理施設における保管種子の種子水分率の推移を図4に示した。

温湯消毒後の種子を脱水機と通風乾燥機で処理する施設Aでは、種子水分率は種子袋の表面部では温湯消毒直後に26%であったが、保管8日以上では種子袋の表面部および中心部のいずれも15%前後で推移した。保管期間(2月26日～3月19日)の施設内気温は平均9℃、最高15℃、最低5℃、相対湿度は平均71%RH、最高87%RH、最低44%RHであった。

脱水機だけの処理を行う施設Bでは、種子水分率は種子袋の表面部では温湯消毒直後に28%であったが、保管8日では19%、保管15日では18%、保管28日では17%となった。中心部では温湯消毒直後に26%であったが、保管8日では19%、保管15日では21%、保管28日では17%となった。保管期間(2月26日～3月26日)の施設内気温は平均8℃、最高19℃、最低-2℃、相対湿度は平均70%RH、最高98%RH、最低32%RHであった。

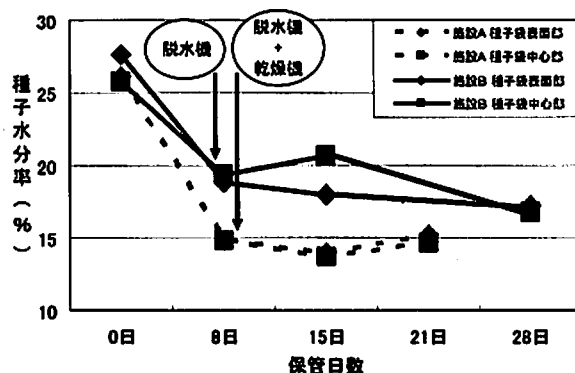


図4 温湯消毒処理施設における保管種子の種子水分率の推移

※施設Aの種子袋中心部の保管0日(温湯消毒直後)は現場での作業の関係上、種子を採取することができなかったため、データなし

なお、温湯消毒後に脱水機や乾燥機で乾燥処理をしなかった場合を想定し、滋賀県農業技術振興センターの室内で保管した種子袋の種子水分率は、種子袋の表面部では、保管8日で17%、保管15日以上では15%前後で推移した。中心部では、保管8日で24%、保管15日以上では23%前後で推移した(図5)。

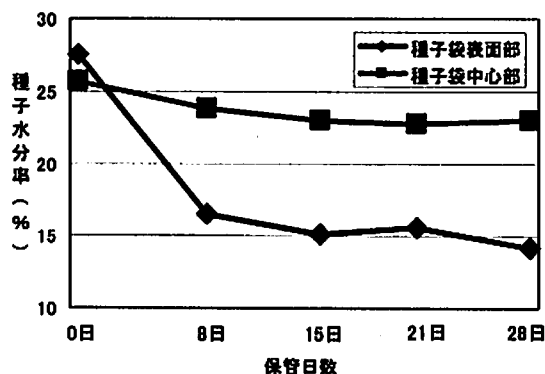


図5 乾燥処理を実施しない場合における保管種子の種子水分率の推移(滋賀県農業技術振興センター室内での保管)

4. 考察

温湯消毒した種子を保管した場合、保管中にばか苗病菌が種子上で増殖するかこれまで不明であった。今回の試験では、温湯消毒の効果が高い自然感染種子および効果の低い開花期接種種子を用いて、それぞれ温湯消毒して数時間風乾した後保管した場合、条件によっては、どちらの種子においても種子上でばか苗病菌が増殖することを確認した。また、開花期接種種子は自然感染種子と比較して菌数が多い傾向が見られたが、開花期接種種子でも保管温度5～10℃かつ保管湿度77%RHで保管すれば、60日間保管しても菌が検出されな

ったので、この条件で保管することによって種子上の菌の増殖を防ぐことができると考えられた。また、どちらの種子でも保管温湿度が高く、保管日数が長いほど菌数が増加する傾向が見られたことから、保管温度 5~20℃、保管湿度 77~99%RH の範囲においては、できるだけ低温低湿度で保管し、保管日数を短くすることが重要と考えられた。

種子水分率とばか苗病の発病との関係については、洞口²⁾が、健全種子にばか苗病罹病種子を 5%混入した種子を温湯消毒後、種子水分率を約 20%および約 16%に調整し、15℃で長期保管すると、20%でのみ発病が確認されたと報告している。今回の試験で自然感染種子および開花期接種種子を温湯消毒して数時間風乾した後保管したところ、保管温度 15℃、保管湿度 77%RH では、保管 7 日の種子水分率は 20%前後であったが、保管 14 日以降は 16%前後で推移した。保管温度 15℃、保管湿度 99%RH では、保管日数 60 日間を通じて徐々に種子水分率は低下したものの、約 23%で下げ止まった。このことから、種子水分率の点から見ても、できるだけ低湿度で保管し、種子水分を低く抑えることが重要と考えられた。

上記は温湯消毒後の種子を数時間室温で風乾し、各種温湿度で保管して実施した試験について述べたが、現場では、温湯消毒後の種子に対して脱水機や乾燥機で乾燥処理を行うことから、消毒後の種子乾燥方法が異なることで、種子水分率に違いが生じ、種子上で増殖するばか苗病菌に影響を及ぼすと考えられる。温湯消毒後の乾燥処理についての今回の試験では、温湯消毒後の種子を、脱水機と通風乾燥機を用いず、水を切って 2 時間新聞紙上で風乾した後密閉容器内で保管すると（保管温湿度：15℃99%RH）、保管 7 日後の種子水分率は 24%程度にしか下がらず、保管 7 日後の時点で菌が検出された（乾燥 2）。一方、温湯消毒後に脱水機と通風乾燥機を用いると、保管 7 日後の種子水分率は 16%程度まで下がり、その後、56 日間保管しても菌が検出されなかった（乾燥 3, 4）。

乾燥 2 では、保管 14 日以降の種子水分率が 20%程度で推移し、保管 14 日、28 日、56 日の全てで菌が検出された。一方、乾燥 3, 4 においても、保管 28 日以降の種子水分率は 20%程度で推移したが、保管 28 日および 56 日において菌は検出されなかった。この理由については、次のように考えられた。一般的に、病原糸状菌の栄養生長や孢子形成には水分が必要であり、保管湿度が高く、種子水分率が高いほど、ばか苗病菌の生育にとって好適な条件であると考えられる。また、3. 1 の表 1 および表 2 のデータを見ると、温湯消毒直後の種子は種子水分率が高いものの、菌は検出されず、保管日数が経過するにつれて検出される菌数が増加する。このことから、温湯消毒後にわずかに生き残った菌が保管中に菌糸を伸長し、分生子を形成するためには、菌にとって好適な高保管湿度・高種子水分率といった条件が一定期間持続することが必要であると推察される。したがって、乾燥 3, 4 では、

保管期間において、菌にとって好適な期間が短かったために、保管期間後半に種子水分率が上昇しても菌が検出されなかったと考えられた。

以上のことから、温湯消毒種子を保管する場合、種子上のばか苗病菌の増殖を防ぐため、乾燥処理によって下げる種子水分率の目安は約 15%であり、ばか苗病菌の生育に不適な低保管湿度・低種子水分率を維持することが重要であると考えられた。

ばか苗病に対する種子消毒剤の効果について、川瀬ら⁴⁾は、穂揃期を中心とした 2 回接種で得た種もみでは、ばか苗病菌が玄米組織内まで侵入しており、種子消毒剤の効果が低くなるという報告をしている。ばか苗病の種子内部への侵入程度が温湯消毒の効果に与える影響を調べた今回の試験結果でも、玄米内部まで保菌している種子については温湯消毒の効果は低いことが明らかとなった。温湯消毒種子でばか苗病が多発する場合、湯温調整および処理時間の不備や高い罹病種子率などの原因が考えられる。しかしながら、現場では、これらの可能性は低いと考えられるものの、同一日に同じ温湯消毒処理機器で処理された種子が複数の農家に配布された後に、特定の農家でばか苗病が多発するといった事例が認められていた。この原因については、以下のように考えられた。

温湯消毒処理施設などで何十 t と処理する種子のうち、極めて低い割合で罹病種子が存在すると考えられる。こうした罹病種子のうち、玄米内部まで保菌しているものは、温湯消毒後も罹病種子として存在し、乾燥処理が不十分な場合や、保管温湿度が高く保管日数が長い場合は、保管期間中に種子上でばか苗病菌が増殖する。この場合、温湯消毒処理施設での保管中だけでなく、農家へ種子が運送された後の保管中にも菌が増殖する可能性がある。増殖したばか苗病菌は浸種液を介して健全種子に感染すると考えられる。

また、今回の試験において、自然感染種子（品種：「秋の詩」、熟期：中晩生）は開花期接種種子（品種：「キヌヒカリ」、熟期：早生）と比較して、玄米内部まで保菌している割合が低かったが、晩生種に比べて早生種ほど玄米への菌糸侵入が容易である⁵⁾ことや、出穂期が夏期高温期にあたると病原菌が粗組織の深い位置まで侵入する⁶⁾ことなどから、自然感染種子であっても、品種や出穂期の気象によっては菌糸が玄米内部まで侵入して温湯消毒の効果が低下すると考えられる。

本県の温湯消毒処理施設では、種子はナイロン製の網袋に 1 袋につき 4 kg 入った状態で温湯消毒され、その後の乾燥方法は、①脱水機で水切り後、乾燥機内で通風乾燥、②脱水機で水切り後、パレットに平置きして風乾、の 2 種類に分けられ、①はごく一部でしか実施しておらず、②の方法で乾燥させることが多い（処理施設での聞き取りによる）。上記の乾燥方法を実施した際の保管中の種子水分率の推移については、これまで測定されていない。

現地調査の結果（図 4）を室内試験の結果（図 2）と比較

すると、脱水機と9日間の通風乾燥を組み合わせた乾燥処理を実施した施設Aにおける種子水分率の推移は、室内試験の乾燥3や4に近く、保管8日以降、種子水分率は15%程度となった。一方、脱水機で水切りした後、室内のパレット上に種子袋を静置した施設Bにおける種子水分率の推移は、室内試験の乾燥2と3の間であり、保管8日後に20%程度になった後、保管28日後には17%程度まで低下した。また、一部の個人農家等の処理方法を想定して行った、脱水機で水切りをせず、室内に静置した場合の種子水分率の推移(図5)は、乾燥1と2の間であった。乾燥処理を行わなかったため、種子袋表面部と中心部との間の種子水分率の差が大きく、中心部では、保管8日後で約24%となり、その後日数が経過しても、ほとんど種子水分率が低下しなかった。

以上のことから、温湯消毒後の種子乾燥処理と保管種子上でばか苗病菌が増殖するリスクの関係は、図6のようになると考えられた。

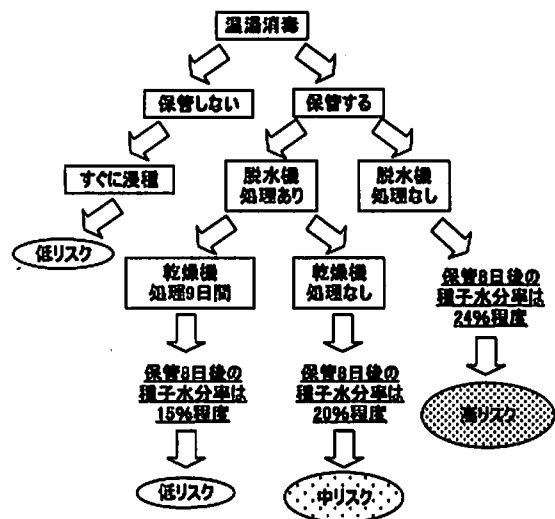


図6 温湯消毒後の種子乾燥処理と保管種子上でばか苗病菌が増殖するリスクの関係

脱水機と乾燥機を組み合わせた方法は、種子水分率を15%程度まで下げることができる。これは、4.2で示した、乾燥処理によって下げる種子水分率の目安と同等である。したがって、この方法では保管種子上でばか苗病菌が増殖せず、約2か月間保管しても、種子を浸種した際に、浸種液を介してばか苗病が感染する可能性は低いと考えられた。一方、脱水機での処理後にパレット上で風乾する方法では、図2の乾燥レベルでいえば乾燥2と乾燥3の間くらいにしか種子水分率は下がらず、乾燥3は56日間保管しても菌は検出されなかったが、乾燥2では保管7日後には菌が検出されたので、脱水機と乾燥機を組み合わせる方法に比べてリスクが高まると考えられた。また、個人農家などでは、乾燥処理に脱水機を用いず、そのまま保管する可能性がある。温湯消毒が不十分

で罹病種子が混入していると、保管期間が短くても種子上で菌が増殖する可能性が高いことから、脱水機を用いない場合、温湯消毒後に種子を保管せず、ただちに浸種を行うことが望ましいと考えられた。

今回行った現地調査の保管終了時期は3月下旬であったが、移植時期が遅い場合は4月以降まで保管が継続される。本県の彦根アメダスにおける3月の平均気温の平年値は6.9℃であるが、4月は12.3℃であり、移植時期が遅れるほど保管期間中の気温は高くなる。ばか苗病菌の生育適温は27~30℃であり⁷⁾、3.1の結果でも、保管温度が高いほど菌数が増加する傾向が見られたことから、移植時期が遅くなるほど保管種子上でばか苗病菌が増殖するリスクが高くなることが予想される。

5. 謝辞

本試験の遂行に当たり、県内の農業協同組合職員の方々のご協力を賜った。ここに感謝の意を表する。

6. 引用文献

- 1) 富家和典・角田巖・長谷部匡昭, 2004. 温湯種子消毒を核としたイネ種子伝染性病害の総合防除体系 近畿中国四国農業研究成果情報
- 2) 洞口博昭, 2008. 温湯浸漬処理済み水稻種子の長期保存条件 岩手県農業研究センター試験研究成果書
- 3) 石井正義, 1975. イネ馬鹿苗病罹病もみから健全もみへの感染発病に関する2,3の試験 近畿中国地域共同研究成果集録6, 8-15
- 4) 川瀬眞, 1965. 出穂期を異にした種初イネ馬鹿苗病菌の感染と消毒効果 中国農業研究26, 39-42
- 5) 川瀬眞, 1967. 品種および栽培時期を異にした種初へのイネ馬鹿苗病菌の感染 中国農業研究32, 17-18
- 6) 日野稔彦・古田力, 1968. イネ馬鹿苗病の防除に関する研究(第2報) 出穂期と種子伝染による被害との関係 中国農試研報E2, 97-109
- 7) 岸園平/編 日本植物病害大事典, 55

Summary

To prevent *Gibberella fujikuroi* from proliferating on rice seeds disinfected by hot water treatment, experiments were conducted to establish a proper drying method and storage conditions.

1) When Bakanae disease-infected rice seeds were stored at 5-10°C and 77% RH after disinfection by hot water treatment, no *Gibberella fujikuroi* was detected on the seeds during 60 days of storage. In the range of 5-20°C and 77-99% RH, the bacterial count tended to increase with increasing temperature and humidity and increasing storage period.

2) Provided that the moisture content of Bakanae disease-infected rice seeds was reduced to approximately 15% using a dehydrator and a desiccator after disinfecting by hot water treatment, *Gibberella fujikuroi* was not detected on the seeds even after 56 days of storage at 15°C and 99% RH.

3) The hot water treatment disinfection was found to be less effective on rice seeds invaded by *Gibberella fujikuroi*.

4) At the hot water treatment facility in Shiga Prefecture, hot water-disinfected rice seeds in 4 kg mesh bags were further treated using a combination of a dehydrator and desiccator, resulting in a decreased seed moisture content of approximately 15%. When the dehydrator alone was used, the seed moisture content only fell down to approximately 20%; it is feared that *Gibberella fujikuroi* can proliferate on the seeds.