

## 温湯浸漬と催芽時食酢添加処理を組み合わせた イネ種子伝染性病害の防除

関原 順子・向 畠 博 行\*

Junko SEKIHARA and Hiroyuki MUKOBATA\*:

Hot-water seed treatment and vinegar addition to germination solution  
for the control of some seed-borne diseases

イネ種子伝染性病害に対する温湯浸漬および催芽時における食酢添加処理の防除効果を検討した。褐条病菌や種籾の全細菌数は温湯浸漬で減少するが、種子予措中に増殖して発病した。そこで、催芽時に食酢を添加すると、本病だけでなく、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、ばか苗病の発病も抑制し、これら2処理はイネ種子の発芽に影響せず、食酢の濃度は2.5%が適していた。また、本浸漬液の温度は30℃より高くなるほど生菌数を減少させた。この2処理の併用は、イネ種子伝染性病害に対して化学薬剤による種子消毒とほぼ同等の高い防除効果を示すことから、本法は広く生産現場での利用が可能と考えられた。

Key words: 温湯浸漬, 食酢, 催芽, イネ種子伝染性病害, hot-water treatment, vinegar solution, germination, seed-borne diseases of rice

### 緒 言

イネの育苗期における種子伝染性病害の防除は、化学農薬による種子消毒が主体である。しかし近年、化学農薬の廃液や殺菌剤耐性の問題<sup>5,6,9,10,16</sup>から、代替法の開発が望まれている。

その一つとして温湯浸漬による種子消毒法がある。本法はいもち病、ばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病に対する有効性が報告されており<sup>3,4,12</sup>、温湯を利用するため廃液処理がいらぬ。しかし、本処理で有効な60℃、10~15分間処理では、イネ褐条病に対する防除効果が低く、またもみ枯細菌病に対しては保菌濃度が高い場合に防除効果が低くなる試験事例が認められた<sup>7,13,17,21</sup>ことから、富山県では生産現場での普及は難しいと考えられていた。

一方、筆者らはグルコースやガラクトースの1%水溶液中で籾を催芽すると、イネ褐条病の発生を著しく抑制でき<sup>18</sup>、これら催芽液中に数種有機酸が産生されることでpHが低下することを見出した<sup>19</sup>。また、この主成分である酢酸を催芽液中に添加すると、イネ褐条病に対し

て防除効果が高いことを確認した<sup>20</sup>。

そこで本研究では、酢酸の含有濃度が高い食酢の催芽時添加処理が褐条病やもみ枯細菌病、苗立枯細菌病およびばか苗の発病抑制効果に及ぼす影響を調べた。また、食酢の添加濃度と防除効果との関係、静菌作用および殺菌作用についても検討した。

なお、実験の遂行にご協力を頂いたタイガーカワシマ、酢酸濃度等を測定していただいた富山県食品研究所(現富山農林振興センター)の甲知美氏、現地試験にご協力を頂いた新川農業普及指導センター(現新川農林振興センター)の故松崎卓志氏に感謝の意を表す。

### 材料および方法

#### 1. 温湯浸漬および催芽時食酢添加が種子予措中の細菌数に及ぼす影響

供試籾の「コシヒカリ」(2003年産)を、ジャガイモペプトングルコース寒天(PPGA)斜面培地上で28℃、1~2日間培養したイネ褐条病菌株(T15088)を $1.5 \times 10^8$ cfu/mlの濃度に調製した懸濁液に入れ、籾と懸濁液を1:2の比で20分間減圧接種した後、自然乾燥させ

た。以下これを褐条病保菌籾として供試した。

食酢は穀物醸造酢（ミツカングループ製，食酢中の酸度は4.2%）を用いた。この酸度は酸の含有量を表し，このうち約3.4%が酢酸である。以下の試験はすべてこの食酢を用いた。

試験は2005年2月に行い，温湯浸漬区，種子消毒剤処理区，催芽時食酢処理区，無処理区を設け，反復は設けなかった。1区あたり10gの褐条病保菌籾を用いた。温湯浸漬区はポリエチレン製の網袋（9cm×12cm）に褐条病保菌籾を入れ，投込式恒温装置（BF-21，ヤマト科学）を用いて60℃で10分間浸漬した。浸漬後は直ちに井戸水をかけ流して冷却した。種子消毒剤処理区は，銅・フルジオキソニル・ペフラゾエート水和剤の200倍液に24時間浸漬した。浸種はいずれの区も井戸水を用いて15℃の恒温器内で6日間行い，2日目と4日目に浸種液を交換した。浸種後，催芽時食酢処理区は食酢を2.5%の濃度に調製した溶液中，他の区は井戸水中において32℃で24時間振とう（150rpm）し，催芽させた。

温湯浸漬直後，浸種2日目（1回目水交換時），浸種4日目（2回目水交換時），浸種6日目（催芽直前），浸種から7日後（催芽後）の計5回，浸漬液中の細菌数を平板希釈法において2反復で測定した。すなわち，Nutrient Agar培地（BD社製，以下NA培地）で32℃，3～4日間およびAacSM培地<sup>14)</sup>で38℃，4～5日間培養し，NA培地上に生じたコロニー数を全細菌数，AacSM培地に生じるコロニー数を褐条病菌の細菌数として求めた。

## 2. 食酢の処理濃度が発芽率に及ぼす影響

供試籾は「コシヒカリ」（2002年産）を用い，試験は2004年11月に行った。温湯浸漬区は1区あたり2gの乾籾を培土（加工培土，いなほ加工）を詰めたポリ塩化ビニル製カップ（育苗箱の1/42の大きさ，直径7cm，高さ3.7cm）には種した。温湯浸漬，浸種，催芽は1.の項と同様とした。催芽時食酢処理区は，食酢濃度を0.5%きざみで0～8%となるよう調製して催芽時に供試した。催芽後種籾は水洗せずには種した。両試験区とも32℃で2日間で出芽処理後，温室に搬入して20～28℃で管理した。は種11日後に苗の生育を調査し，種子根長と幼芽長が10mm以上を生育可能な苗とし，それ以外のものは不発芽として発芽率を算出した。いずれの試験も3反復とした。

## 3. 催芽時食酢添加が育苗期病害防除効果に及ぼす影響

イネの褐条病，もみ枯細菌病，苗立枯細菌病の保菌籾は「コシヒカリ」（2002年産）を用いて1.の項と同様に調製した。褐条病では保菌籾を100%，もみ枯細菌病（菌株T15056）は33%の保菌籾と67%の健全籾，苗立枯細菌病（菌株T15044）では5%の保菌籾と95%の健全籾を重量比率で混和した。また，ばか苗病では「てんたかく」（2003年産）の開花期に接種した保菌籾を100%として用いた。

試験は2004年11月に行った。2gの乾籾を井戸水中に浸種し，15℃の恒温器内で7日間置き，2日目と4日目に浸種液を交換した。浸種開始から7日後に食酢を1～6%まで1%きざみで井戸水により濃度を調製し，32℃で24時間，振とう（150rpm）して催芽させた。催芽籾は水洗せずに上述と同じポリ塩化ビニル製カップには種し，32℃で2日間で出芽させた後，自然光形グロースキャビネット（S-153A，小糸工業）に搬入して昼間30℃，夜間15℃で管理した。試験は3反復で行った。は種11日後に発病程度別に苗数を調査し，下式によって細菌性病害の発病度，ばか苗病の発病苗率を算出した。すなわち，もみ枯細菌病，苗立枯細菌病については，発病度＝ $\Sigma$ （発病指数×発病苗数）×100／（調査苗数×最大指数），（発病程度は4：腐敗枯死，3：葉鞘基部腐敗もしくは極端な萎凋，2：第3葉白化，1：葉鞘基部白化）とした。褐条病についても上式を用い，発病指数は次の通りとした。5：腐敗枯死，4：第3葉に病徴あり＋極端な萎凋，3：第3葉に病徴あり，2：第2葉に病徴あり，1：第1葉に病徴あり。ばか苗病については，発病苗率＝ $\{$ （徒長苗数＋わい化苗数＋枯死数）／調査苗数 $\} \times 100$ （%）で算出した。

催芽処理後における，各濃度の食酢を添加した浸種液中での細菌数を，各病原細菌の選択培地を用いて2反復で平板希釈法により測定した。もみ枯細菌病菌はCCNT培地<sup>8)</sup>上で，41℃で2～4日間，褐条病菌はAacSM培地上で38℃で4～5日間，苗立枯細菌病菌はAFGT培地<sup>11)</sup>上で30℃で7日間，それぞれ培養したものを供試した。また，浸種液のpHは浸種前において各濃度の食酢液の作成時にpHメーター（F-22，HORIBA）で測定した。

## 4. 温湯浸漬と催芽時食酢添加が育苗期病害防除効果に及ぼす影響

病害の種類と供試保菌籾は2.の項と同様とした。ばか苗病は「短銀坊主」の開花期に接種した保菌籾を用い

た。

試験は2004年9月に行った。1区あたり乾籾重で6gを用い、温湯浸漬、浸種は1.の項と同様にし、ポリ塩化ビニル製カップ（育苗箱の1/18の大きさ、直径12.5cm、高さ5.5cm）には種した。なお、1.の項と同様の種子消毒剤処理区も設けた。催芽は0、2.5、5%の各濃度となるよう食酢を添加した井戸水中にて24時間、32℃で振とう（150rpm）した。催芽籾は水洗せずには種し、32℃で2日間出芽させた後、グロースキャビネットに搬入し、昼間30℃、夜間17℃で管理した。は種8日後に発病程度別に苗数を3.の項と同様に調査した。試験は、3反復で行った。

#### 5. 催芽時食酢添加液の使用累積回数と酢酸含有量の変化および発病への影響

供試籾は「コシヒカリ」（2003年産）を用い、1.の項と同様に調製した褐条病保菌籾を作成し、1区あたり6gとした。これを1.の項と同様に温湯浸漬、浸種、食酢添加を行った。食酢の濃度は2.5%とし、籾と催芽液を1:2の比浴として用いた。これを4℃の冷蔵庫内で保存し、5回まで繰り返し催芽処理に使用した。各回における催芽処理後の催芽液中の酢酸含有量を高速液体クロマトグラフィー（LC-10AT、島津製作所）で測定し、催芽液中の褐条病細菌数を1.の項と同様に測定した。なお、試験の反復は設けなかった。

#### 6. 食酢の濃度と温度が病原細菌の生育に及ぼす影響

##### 1) 食酢の濃度、浸漬時間と病原細菌生育の有無との関係

Nutrient Broth培地（以下、NB培地）に食酢を各濃度となるよう添加して調製（第4表）し、1区あたり5mlを供試液とした。これにNB培地で32℃、24時間、125rpmで振とう培養したもみ枯細菌病菌（ $1.0 \times 10^9$ cfu/ml）、褐条病菌（ $3.0 \times 10^9$ cfu/ml）、苗立枯細菌病菌（ $9.3 \times 10^8$ cfu/ml）を各50 $\mu$ l添加後、混合して32℃で振とう培養（125rpm）し、所定時間毎（第4表）に各50 $\mu$ lを再度NB培地に接種した。これを24時間、32℃で振とう培養（125rpm）し、分光光度計（mini photo518R, TAITEC）で660nmの吸光度の値を測定して細菌濃度として換算し、細菌の生育の有無を判定した。

##### 2) 催芽温度の影響

NB培地に食酢の濃度が12.5%となるように添加した供試液（pH3.6）の5mlに1）と同様に培養した細菌懸

濁液を各50 $\mu$ l接種し、30、35、40℃で0～60分間、125rpmで振とうした。対照には食酢を添加しなかった。細菌の濃度は平板希釈法により2反復で測定した。

## 結 果

### 1. 温湯浸漬および催芽時食酢添加が種子予措中の細菌数に及ぼす影響

結果を第1図に示した。浸種液中の全細菌数は、温湯浸漬区では浸種開始日に $1.6 \times 10^3$ cfu/mlで無処理区の $6.3 \times 10^5$ cfu/mlと比較して明らかに少なかったが、浸種日数が進むほど増殖し、6日後（催芽直前）には無処理区の $1.6 \times 10^8$ cfu/mlと同程度の $1.4 \times 10^8$ cfu/mlであった。また、褐条病の細菌数は温湯浸漬区では浸種開始時に検出限界以下であったが、7日目（催芽後）には $2.3 \times 10^6$ cfu/mlに増殖していた。

一方、催芽時食酢添加を行った場合、催芽後の催芽液中の全細菌数は $5.6 \times 10^7$ cfu/mlから $7.3 \times 10^5$ cfu/mlと低下した。また、褐条病の細菌数は $3.4 \times 10^7$ cfu/mlから $1.6 \times 10^2$ cfu/mlへと著しく低下した。

### 2. 食酢の処理濃度が発芽率に及ぼす影響

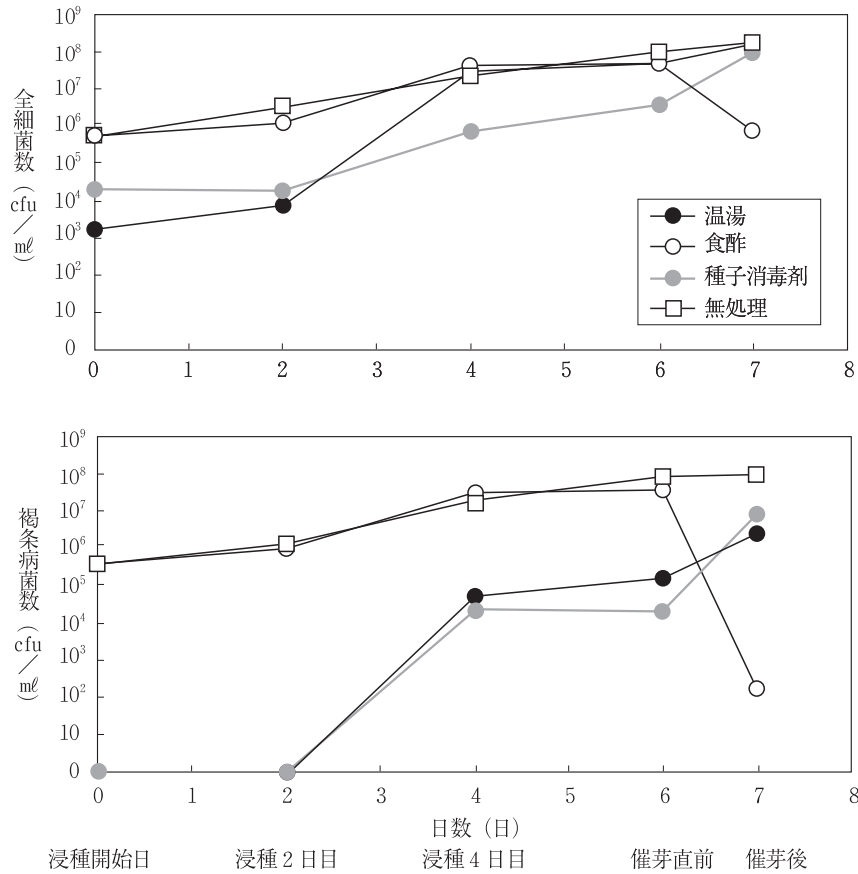
結果を第2図に示した。催芽時に添加する食酢の濃度が4.5%以上の濃度になると発芽率の低下が認められた。また、温湯浸漬と催芽時の食酢の添加を併用した場合には、4.5%以上の食酢濃度における発芽率はより急激に低下する傾向が認められた。

### 3. 催芽時食酢添加が育苗期病害防除効果に及ぼす影響

褐条病に対しては食酢濃度2%以上、苗立枯細菌病とばか苗病に対しては3%以上で発病が認められなくなった。一方、もみ枯細菌病に対する防除効果は判然としなかった（第1表）。なお、催芽液中の細菌数は褐条病菌では4%以上で全く検出されず、苗立枯細菌病菌は6%以上の濃度でほとんど検出されなくなった。もみ枯細菌病菌は5%以上の濃度で $2 \times 10^2$ cfu/ml以下に低下した（第2表）。

### 4. 温湯浸漬と催芽時食酢添加が育苗期病害防除効果に及ぼす影響

結果を第3表に示した。褐条病では温湯浸漬のみでの防除効果は低かったが、催芽時食酢添加のみでは2.5%区、5%区とも高い防除効果が認められた。一方、温湯浸漬と催芽時食酢添加を併用した場合、2.5%区、5%



第1図 温湯浸漬および催芽時食酢添加が種子予措中の細菌数に及ぼす影響

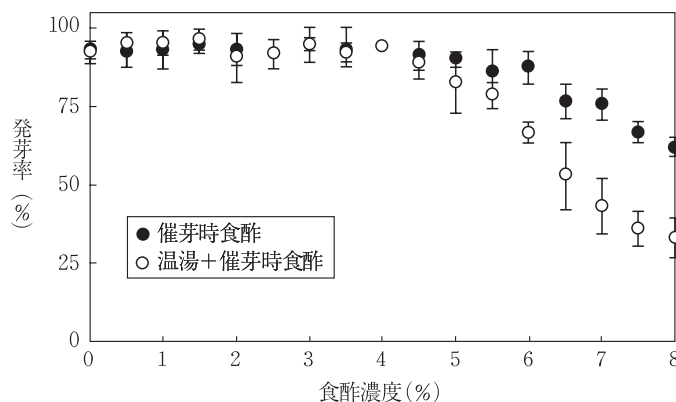
- 注1) 温湯は乾粃(褐条病菌接種粃)を60℃で10分間浸漬前に処理した。
- 2) 食酢は催芽直前に井戸水で2.5%の濃度に調製し催芽時に処理した。
- 3) 種子消毒剤は銅・フルジオキシニルベフラゾエート水和剤の200倍液に浸種開始日から24時間浸漬処理した。

第1表 催芽時の食酢添加が4種種子伝染性病害の育苗期における防除効果に及ぼす影響

食酢濃度 (%)	発病度 <sup>1)</sup>			発病苗率 (%) <sup>2)</sup>
	褐条病	もみ枯細菌病	苗立枯細菌病	ばか苗病
0(無添加)	22.7 a	26.7	90.4 a	97.0 a
1	0.7 b	3.1	3.8 b	69.6 a
2	0 b	18.3	0.9 b	3.7 b
3	0 b	9.8	0.1 b	0 b
4	0 b	19.3	0 b	0 b
5	0 b	12.8	0 b	0.4 b
6	0 b	5.3	0 b	0 b

- 注1) 発病度Σ = (発病指数 × 発病苗数) × 100 / (調査苗数 × 最大指数)
- 2) 発病苗率 = (徒長苗数 + わい化苗数 + 枯死数) / 調査苗数 × 100 (%)
- 3) 表中のアルファベットの同一英字間にはTukeyの検定(5%水準)で有意差がないことを示す。もみ枯細菌病は濃度差の影響が明らかでないため統計処理しなかった。

区とも防除効果が高かった。もみ枯細菌病では温湯浸漬のみおよび催芽時食酢添加のみでは2.5%区、5%区とも防除効果が低かったが、温湯浸漬と催芽時食酢添加を併用した場合、両区とも高い防除効果が認められた。苗立枯細菌病では温湯浸漬のみ、催芽時食酢添加のみの2.5%区での防除効果は低かったが、催芽時食酢添加のみでは5%区で防除効果が高かった。一方、温湯浸漬と催芽時食酢添加を併用した場合、2.5%区、5%区とも防除効果が高かった。ばか苗病では温湯浸漬のみでも防除効果は高かったが、催芽時食酢添加のみでは2.5%区、5%区とも防除効果が低かった。ただし、催芽時食酢添加のみの5%区では、ばか苗病の徒長程度が無処理に比べ抑制された。また、温湯浸漬と催芽時食酢添加を併用した場合、2.5%区、5%区とも防除効果が高かった。



第2図 濃度の異なる食酢の催芽時処理が発芽率に及ぼす影響

- 注1) 食酢は、井戸水で各濃度に調製して使用した。  
 2) 催芽時食酢は、催芽直前に調製した食酢希釈液に浸漬した。  
 3) 温湯+催芽時食酢は、60℃で10分間の温湯浸漬後に催芽時食酢処理を行った。  
 4) 図中のバーは、標準偏差を表す。

第2表 催芽時の食酢濃度と3種病原細菌の増殖程度との関係

食酢		細菌数 (cfu/ml) <sup>1)</sup>		
濃度 (%)	pH	褐条病菌	もみ枯細菌病菌	苗立枯細菌病菌
0 (無添加)	6.5	1.0×10 <sup>8</sup> a	4.2×10 <sup>6</sup>	2.5×10 <sup>6</sup> a
1	3.9	6.8×10 <sup>3</sup> b	2.4×10 <sup>4</sup>	8.0×10 <sup>2</sup> b
2	3.6	6.8×10 <sup>2</sup> c	4.0×10 <sup>3</sup>	4.0×10 <sup>1</sup> c
3	3.4	4.0×10 <sup>1</sup> d	2.0×10 <sup>3</sup> <	0 e
4	3.3	0 e	2.0×10 <sup>3</sup> <	0 e
5	3.2	0 e	2.0×10 <sup>2</sup> <	2.0×10 <sup>1</sup> d
6	3.2	0 e	2.0×10 <sup>2</sup> <	0 e

- 注1) 32℃で24時間催芽した溶液中における細菌数を示す。  
 2) 褐条病菌にはAacSM培地、もみ枯細菌病菌はCCNT培地、苗立枯細菌病菌はAFGT培地を用いて細菌数を測定した。  
 3) 統計処理法は細菌数の値を対数変換した以外は第1表と同じ。もみ枯細菌病菌については統計処理しなかった。

第3表 温湯浸漬と催芽時食酢添加が4種種子伝染性病害の防除効果に及ぼす影響

処理方法		発病度			ばか苗病	
浸種前	催芽時	褐条病	もみ枯細菌病	苗立枯細菌病	発病苗率 (%)	草丈 (cm)
温湯	食酢2.5%	0.6 ab	1.3 a	1.3 a	1.3 b	9.5 a
温湯	食酢5%	0.1 a	0.2 a	1.4 a	0.4 a	10.8 a
温湯	食酢0%	35.8 c	35.1 bc	57.7 bc	0 a	9.3 a
—	食酢2.5%	0.6 ab	46.4 bc	28.5 ab	100 c	19.0 c
—	食酢5%	0.3 ab	23.4 ab	0.1 a	100 c	14.9 b
種子消毒剤		7.1 b	20.5 ab	20.7 a	0 a	9.4 a
無処理		46.0 c	58.0 c	66.7 c	100 c	18.9 c

- 注1) 温湯は乾粃(接種粃)を60℃で10分間浸種前に処理した。  
 2) 食酢は催芽前に0, 2.5および5%の濃度に調製し催芽時に処理した。  
 3) 種子消毒剤は第1図と同じ。  
 4) —は浸種前に処理せず。  
 5) 発病度、発病苗率の統計処理法は第1表と同じ。

5. 催芽時食酢処理液の使用回数と食酢含有酢酸量の変化  
 2.5%の濃度になるよう食酢を添加した催芽液中の酢酸含有量は、使用前には840mg/mlであったが、催芽液中

の酢酸含有量は、1, 2, 4, 5回使用後にはそれぞれ546mg/ml (以下、食酢濃度換算値で1.6%), 262mg/ml (0.8%), 103mg/ml (0.3%), 84mg/ml (0.2%) に減少



した(第3図)。また、褐条病の細菌数は2回の使用までは検出限界以下であったが、3回使用以降は高濃度で検出され、4～5回使用液中の本病菌の細菌数は無処理と同等の約 $10^7$ cfu/mlと増加した。全細菌数も使用回数が増えるほど高濃度に検出され、4回使用以降は無処理区と同等かそれ以上に増加した(第4図)。

## 6. 食酢の濃度と温度が病原細菌の生育に及ぼす影響

### 1) 食酢の濃度、浸漬時間と病原細菌検出の有無との関係

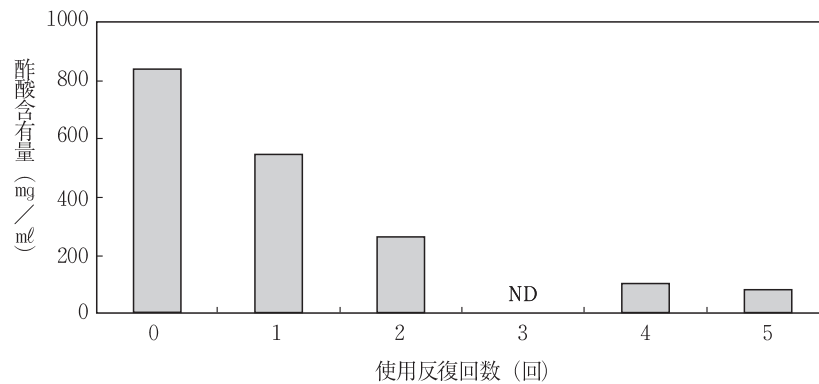
結果を第4表に示した。褐条病菌は食酢の濃度が1.87%で4時間以上、2.5%で3時間以上、12.5%では2時間で検出されなくなった。もみ枯細菌病は2.5%で6時間以上、12.5%では3時間で検出されなくなった。苗立枯細菌病は1.87%で6時間以上、2.5%で5時間以上、12.5%では2時間で検出されなくなった。

### 2) 催芽温度の影響

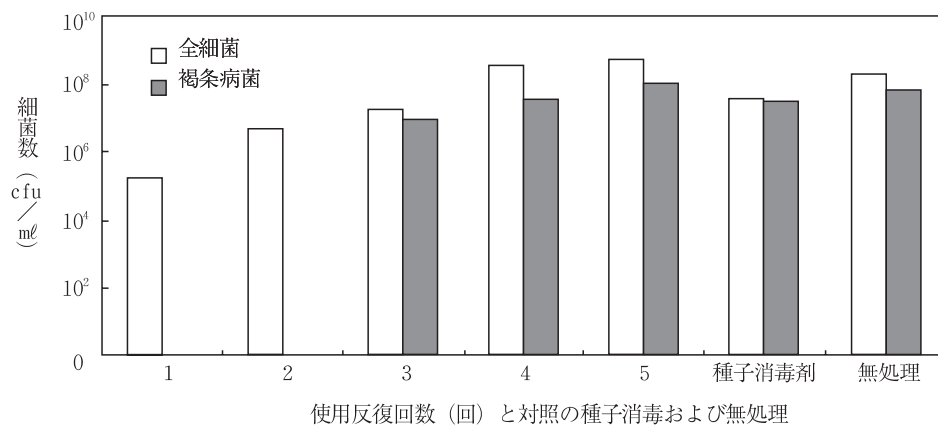
結果を第5図に示した。供試液中の褐条病菌は30℃では30分で、35℃では20分で、40℃では10分間で検出されなくなった。もみ枯細菌病菌は60分間で、30℃では $4.12 \times 10^5$ cfu/mlに、35℃では $2.7 \times 10^4$ cfu/mlに、40℃では $1.4 \times 10^2$ cfu/mlに減少した。また、苗立枯細菌病菌は30℃では60分間で、35℃で20分間以内に検出されなくなった。一方、NB培地中では褐条病菌、もみ枯細菌病菌、苗立枯細菌病菌のいずれも接種時と同程度の約 $10^6 \sim 10^7$ cfu/mlの濃度で、温度、培養時間にかかわらず検出された(データ省略)。

## 考 察

水稻種子の温湯浸法は、種粒に存在する病原菌を殺菌および不活化して保菌程度を低下させることで、防除効果を発揮するものと考えられる。しかし、細菌は、わず



第3図 食酢添加液(食酢濃度2.5%)の催芽時使用反復回数と酢酸含有量(mg/ml)の関係  
注) NDは測定ミスのため計測不能であった。



第4図 食酢添加液の催芽時使用反復回数が細菌数に及ぼす影響  
注) 種子消毒剤は第1図と同じ。

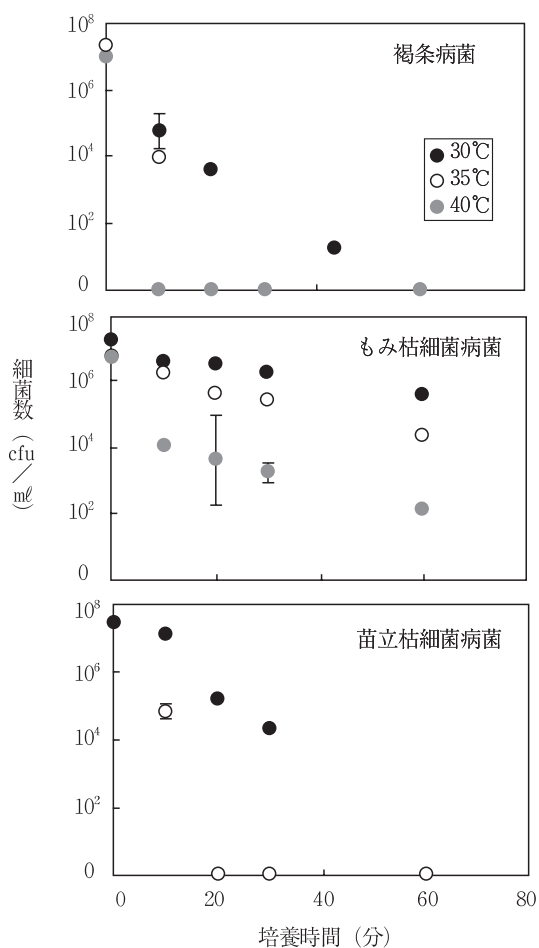
第4表 異なる濃度の食酢液中における病原細菌の生育の有無

病原細菌	食酢濃度 (%)	処理時間 (時間)						
		2	3	4	5	6	7	24
褐条病菌	0 (無添加)	+	+	+	ND	ND	ND	+
	0.25	+	+	+	ND	ND	ND	+
	0.62	+	+	+	ND	ND	ND	+
	1.25	+	+	+	ND	ND	ND	+
	1.87	+	+	-	ND	ND	ND	-
	2.50	+	-	-	ND	ND	ND	-
	12.5	-	-	-	ND	ND	ND	-
もみ枯細菌病菌	0 (無添加)	ND	+	+	+	+	+	+
	0.25	ND	+	+	+	+	+	+
	0.62	ND	+	+	+	+	+	+
	1.25	ND	+	+	+	+	+	+
	1.87	ND	+	+	+	+	+	+
	2.50	ND	+	+	+	-	-	-
	12.5	ND	-	-	-	-	-	-
苗立枯細菌病菌	0 (無添加)	+	+	+	+	+	+	+
	0.25	+	+	+	+	+	+	+
	0.62	+	+	+	+	+	+	+
	1.25	+	+	+	+	+	+	+
	1.87	+	+	+	+	-	-	-
	2.50	+	+	+	-	-	-	-
	12.5	-	-	-	-	-	-	-

注1) 病原細菌は各濃度の供試液で処理後、NB培地に再接種し、24時間培養後600nmでOD値を測定し、生育の有無と判定した。

2) OD値が0.1以上の値は生育あり (+), 0.1以下の値は生育なし (-) とした。

3) NDは調査せず。



第5図 供試液の温度の違いが病原細菌の生育に及ぼす影響

注1) 供試液の食酢濃度は12.5%に調製した。

2) 苗立枯細菌病菌では、40℃の試験を行わなかった。

3) 図中のバーは標準偏差を表す。

かでも生き残った場合に種子予措中に増殖し、発病に至る可能性があり、実際に褐条病およびもみ枯細菌病では温湯消毒による防除効果が不安定とする報告がある<sup>7,12,16,17)</sup>。

褐条病は循環式催芽器を使用した場合、催芽中に本病原細菌が著しく増殖し発病が助長されることが報告されている<sup>16,22)</sup>。また、もみ枯細菌病についても、催芽から出芽、育苗初期までに病原細菌を接種すると発病苗率が高くなることから<sup>15)</sup>、なかでも催芽時に病原細菌の増殖を抑制することが、発病抑制につながると考えられた。そこで、本試験では催芽時に食酢を添加し、発病を抑制する方法について検討した。

催芽時の食酢添加は特に褐条病に対して防除効果が高く、食酢の濃度が2%で完全に発病が抑制された。また、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病に対しても防除効果が認められ、濃度が高いほどその効果は高まることが確認された。一方、濃度が4%を超えると種粒の発芽阻害や顕著な発芽率の低下が認められた。

食酢の抗菌作用は静菌作用や細菌の増殖抑制、増殖阻害および殺菌作用、すなわち生菌数の低減によるとされている<sup>2)</sup>。褐条病菌およびもみ枯細菌病菌は食酢が0.63%、苗立枯細菌病菌は1.25%の低い濃度で増殖が抑制され(データ省略)、また2.5%で褐条病菌は3時間以上、もみ枯細菌病菌は6時間以上、苗立枯細菌病菌は5時間以上浸漬することにより検出されなくなった。さらに、食酢の殺菌力に及ぼす温度の影響を検討したところ、食酢濃度が一定の場合、30℃<35℃<40℃の順で温度が高いほど検出されなくなった。以上のことから、殺菌効果は食酢に由来し、かつ食酢を添加した溶液の温度が高いほど殺菌速度が早く、かつ殺菌力が高まることが確認された。

なお、使用する食酢の濃度は、温湯浸漬と併用した場合に発芽に影響はないだけでなく、これら3種の細菌性病害に発病抑制効果もある2.5%が適当と判断された。

種子予措中における褐条病菌の細菌数は、温湯浸漬により保菌濃度は低下するものの、催芽時の加温で増殖し発病に至るが、この時に食酢を添加することで、その細菌数は大幅に減少することが認められた。NA培地中に増殖する全細菌数についても同様な傾向であった。もみ枯細菌病においては育苗試験により温湯浸漬および催芽時の食酢添加では防除効果が低いものの、両法を併用することで防除効果が向上する。以上から、温湯浸漬と催芽時の食酢添加の2段階で各病原細菌の増殖を抑制し、

高い防除効果を発揮するものと推察される。

一方、種子消毒剤の銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤を浸漬処理した場合、褐条病菌の選択培地に生じる褐条病菌のコロニー数は温湯浸漬区とほぼ同程度に種子予措中に増殖するが発病には至らなかった。この機構については不明であるが、生菌が存在することから、本剤の作用により褐条病菌の病原性が低下するのではないかと推察している。ばか苗病菌の培養試験では、食酢の濃度が高くなるにしたがって菌糸の生育が抑制され、食酢濃度が12.5% (pH3.1) で生育が認められなくなった(データ省略)。しかし、ばか苗病菌は食酢による生育抑制を受けるものの、2.5%および5%の食酢の濃度では防除効果が低いことから、ばか苗病に対する効果は温湯浸漬の補完であると考えられる。

以上のことをふまえ、当センター内での中規模の試験(結果は本研究とほぼ同様のためデータ省略)を経て、2005年3月上旬に富山県黒部市若栗の「若栗農作業営農組合」では、実現規模の温湯処理機(湯芽工房YS-500P, タイガーカワシマ)を使用して本研究で行った温湯浸漬と催芽時の食酢添加を応用した。その結果、育苗期における病害の発生は認められず、発芽率も98.5%以上を確保できた(データ省略)。また、作業効率も慣行とほぼ同等であることから、この種子消毒法が現場において大規模に導入可能であろうという見解を得た。

以上の結果から、実際の機械を使用したイネ育苗期における種子伝染性病害の防除方法を取りまとめた。まず、温湯処理機によって時間、温度等の諸要項を守り種粒を処理したのち、浸種を行う。次に食酢を2.5%の濃度となるよう加え、循環式催芽器で催芽を行う。催芽温度は通常よりやや高めの32℃程度で保つことが食酢の抗菌活性上<sup>2)</sup>から適当であると考えられる。また、一度使用した食酢添加催芽液は酢酸含有量が減少することから、繰り返し使用しないことが好ましい。また、2.5%の食酢添加催芽液は水質汚染の基準であるBOD値について排出基準値以下であるとともに、その500ℓに対し特定防除資材である重曹を1kg加えることによってpH6程度の中性になるため、そのまま排水することが可能である。今後は本法が環境保全型農業を推進する防除技術法の1つとして広く生産現場で利用されることが期待される。



## 引用文献

- 1) 江口直樹・山下 亨・武田和男・赤沼礼一 (2000) 温湯処理機による水稲種子伝染性病害の防除. 関東東山病虫研報 47: 27~29.
- 2) 円谷悦造・浅井美都・辻畑茂朝・塚本義則・太田美智男 (1997) 腸管出血性大腸菌O157:H7をはじめとする食中毒菌に対する食酢の抗菌作用 (その1) 静菌作用および殺菌作用. 感染症学雑誌 71: 443~449.
- 3) 早坂 剛・石黒清秀・渋谷圭治・生井恒雄 (2001) 数種のイネ種子伝染性病害を対象とした温湯種子消毒. 日植病報 67: 26~32.
- 4) 林かずよ・小山 淳・城所 隆 (2000) 種子の温湯浸漬によるイネ苗立枯細菌病の発病抑制. 北日本病虫研報 51: 31~32.
- 5) 堀 武志・小渦慶司・原澤良栄 (2004) 新潟県におけるイネ褐条病, もみ枯細菌病の薬剤耐性菌の発生およびその防除法の検討. 北陸病虫研報 53: 5~11.
- 6) 堀 武志・黒田智久・石川浩司 (2007) カスガマイシン耐性イネもみ枯細菌病菌の出現. 日植病報 73: 278.
- 7) 堀 武志・石川浩司・原澤良栄 (2005) 種子温湯消毒と電解水浸漬処理の組み合わせによるイネの褐条病およびもみ枯細菌病の防除効果. 北陸病虫研報 54: 7~12.
- 8) Kawaradani, M., Okada, K. and Kusakari, S. (2000) New selective medium for isolation of *Burkholderia glumae* from rice seeds. J. Gen. Plant Pathol. 66: 234~237.
- 9) 守川俊幸 (1999) イネもみ枯細菌病菌および褐条病菌の薬剤耐性. 第9回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集. 27~34.
- 10) 守川俊幸・松崎卓志・西山幸司・宮川久義・向島博行 (1997) イネ褐条病菌ともみ枯細菌病菌のオキソリニック酸とカスガマイシンに対する感受性. 日植病報 63: 516.
- 11) 守川俊幸・松崎卓志・向島博行 (1998) イネ苗立枯細菌病菌の分離用培地と籾からの検出. 北陸病虫研報 46: 96.
- 12) 那須英夫・松田 泉・金谷 元・畑本 求 (1995) イネもみ枯細菌病菌感染種子に対する温湯処理の効果. 岡山農試研報 13: 1~6.
- 13) 白井佳代・丹野 久・小倉玲奈・五十嵐俊成・田中文夫 (2003) 北海道における水稲の温湯種子消毒による種子伝染性病害対策. 北海道立農試集報 85: 29~32.
- 14) 白川 隆・會澤雅夫・小宮友紀子・我孫子和雄 (2000) 種子, 植物体からの *Acidovorax avenae* subsp. *citulli* の分離・検出を目的とした選択培地の開発. 日植病報 66: 132.
- 15) 植松 勉・吉村大三郎・西山幸司・茨木忠雄・藤井溥 (1976) イネもみ枯細菌病菌による育苗箱の幼苗腐敗症の発生. 日植病報 42: 310~312.
- 16) 梅沢順子・守川俊幸 (2000) 富山県における育苗期のイネ褐条病の発生変動要因の解析. 北陸病虫研報 48: 15~18.
- 17) 梅沢順子・向島博行 (2003) 温湯処理がイネ育苗期における細菌性病害の保菌および発病抑制に及ぼす影響. 北陸病虫研報 52: 45.
- 18) 梅沢順子・向島博行・守川俊幸・荘司和明 (2003) イネ褐条病のガラクトース及びグルコース溶液中での振とう催芽による発病抑制要因について. 日植病報 69: 303~304.
- 19) 梅沢順子・向島博行・守川俊幸 (2004) イネ褐条病の催芽時グルコース処理におけるpHが発病に及ぼす影響. 日植病報 70: 67.
- 20) 梅沢順子・向島博行 (2004) 有機酸によるイネ育苗期細菌性病害の防除. 北陸病虫研報 53: 51.
- 21) 山下 亨・江口直樹・赤沼礼一・斉藤栄成 (2000) 水稲種子の温湯浸漬法による種子伝染性病害の防除 (3) もみ枯細菌病 (苗腐敗症) および苗立枯細菌病に対する温湯浸漬処理の防除効果. 関東東山病虫研報 47: 17~21.
- 22) 矢尾板恒雄 (1985) 育苗箱におけるイネ褐条病とその防除対策. 植物防疫 39: 239~243.

(2008年11月17日受理)