

## 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

堀 武志・石川浩司・原澤良栄\*

Takeshi HORI, Kouji ISHIKAWA and Ryoei HARASAWA\*

Control of bacterial brown stripe and bacterial seedling rot of rice by soaking in  
electrolyzed water after hot-water treatment

イネの褐条病およびもみ枯細菌病に対する種子の温湯消毒および電解水浸漬の防除効果を検討した。電解水（約pH 6，有効塩素濃度約200ppm）を浸種および催芽に用いることで両病害の発病が抑制され、60℃，15分間の温湯消毒と組み合わせることで，化学薬剤処理と同等の高い防除効果が得られた。実用規模の試験においても，温湯消毒と電解水浸漬処理の組み合わせによる両細菌病害に対する防除効果は高く，この体系処理方法は広く水稻種子伝染性病害の防除に利用可能と考えられた。

Key words: 温湯消毒, 電解水, イネ褐条病, イネもみ枯細菌病, hot-water treatment, electrolyzed water, bacterial brown stripe of rice, *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*, bacterial seedling rot of rice, *Burkholderia glumae*

### 緒 言

水稻栽培においては，育苗期に発生する種子伝染性病害の防除に化学合成農薬を用いた種子消毒が実施されている。しかし，種子消毒剤廃液の適正処理の問題や，薬剤耐性菌の発生等の問題などから<sup>5,10</sup>，化学合成農薬の代替となる防除方法の開発が求められている。

化学合成農薬を使用しない種子伝染性病害の防除方法として，近年，種子温湯消毒および電解水の利用に関する研究が進んでいる。種子温湯消毒はいもち病，ばか苗病，もみ枯細菌病および苗立枯細菌病に対する有効性が確認されたことから<sup>2,3,11,18</sup>，新潟県の生産現場への導入が進みつつある。しかし，これらの報告で有効とされる60℃，10～15分間の種子温湯消毒を行った場合，褐条病に対する防除効果は不十分であり，また，もみ枯細菌病に対しても，保菌程度が高い場合には，同様の種子処理による防除効果が不十分となる試験事例が認められる。このように，種子温湯消毒のみでは生産現場における種子伝染性病害の総合的な防除手段として普及させるには問題が残ると考えられる。一方，電解質として塩化カリウム等を添加した水を電気分解して生成する水（電解

水）は，いもち病やばか苗病に対する防除効果は不十分であるものの，もみ枯細菌病，苗立枯細菌病および褐条病の防除に有効とされている<sup>13,15,17</sup>。本研究では，種子温湯消毒と電解水を用いた浸種の組み合わせによる褐条病およびもみ枯細菌病の防除効果を検討した。

なお，本研究の実施にあたり，(株)ダイキン環境研究所（現在，ダイキン環境・空調技術研究所）の関係各位には，電解水および電解水生成装置（試作装置）を提供して頂くとともに，試験の設計および実施に多大なるご協力を頂いた。ここに記し，感謝の意を表する。

### 材料および方法

#### 1. 小規模試験における防除効果

##### (1) 供試種子

平成12年の開花期に病原細菌懸濁液を穂に噴霧接種して得られた保菌種子（品種：ゆきの精）を，褐条病ではそのまま用い，もみ枯細菌病では保菌種子の割合が10%となるよう健全種子（品種：ゆきの精）と混合し用いた。なお，接種に用いた菌株は，褐条病菌 *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* H8301 (MAFF301505)，もみ枯細菌菌 *Burkholderia glumae* NA9253であった。

## (2) 温湯処理

ポリエチレン製の網袋 (12cm×9 cm) に上記の保菌種子5.6gを入れ、小型恒温槽LH-2010 (ADVANTEC) を用いて、60℃の温湯に15分間浸漬した。温湯処理後は直ちに水道水の流水中で冷却した。また、対照として、種子消毒剤処理区 (イプコナゾール・銅フロアブル剤, 20倍希釈液, 10分間種子浸漬処理) および無処理区を設定した。

## (3) 電解水浸漬処理

温湯処理または種子消毒剤処理後の保菌種子を、200ml容の三角フラスコに入れ、電解水もしくは水道水を用いて浸種および催芽を行った。電解水は、電解水生成装置 (第1図) によって、塩化カリウム水溶液から生成した微酸性の電解水 (pH5.4~5.8, 有効塩素濃度約200ppm) を用いた。浸種は浴比を約2倍容とし15℃で5日間行い、浸種水は各試験区に応じて1~5日間隔で交換した。浸種後、30℃, 125rpmで24時間振とうして催芽させた。催芽種子は育苗箱の約1/28容量の塩化ビニル製カップに播種し、32℃で2日間出芽処理した後、15℃ (夜温)~32℃ (昼温) のガラス室で育苗した。育苗床土にはタチガレエース粉剤を混合した。試験は全て3反復で行った。

## (4) 発病調査

播種14~16日後に、下記に示した基準で発病苗数を調査し、発病度を算出した<sup>5)</sup>。褐条病については6段階 (発病程度別指数=4: 枯死, 3: 萎ちょう・生育異常, 2: 第2本葉まで病徴が見られるもの, 1: 第1本葉まで病徴が見られるもの, 0.1: 不完全葉に病徴が見られるもの, 0: 無病徴) の基準で、また、もみ枯細菌病につい

ては4段階 (発病程度別指数=5: 腐敗枯死, 4: 発病程度別指数3を満たし生育が1/2以下に抑制されたもの, 3: 葉身基部黄化または第2本葉の奇形的出葉, 0: 無病徴) の基準で発病苗数を調査し、以下の式で発病度を算出した。褐条病発病度=Σ(指数×発病程度別苗数)/(4×調査苗数)、もみ枯細菌病発病度=Σ(指数×発病程度別苗数)/(5×調査苗数)

## 2. 中規模試験における防除効果

## (1) 供試種子

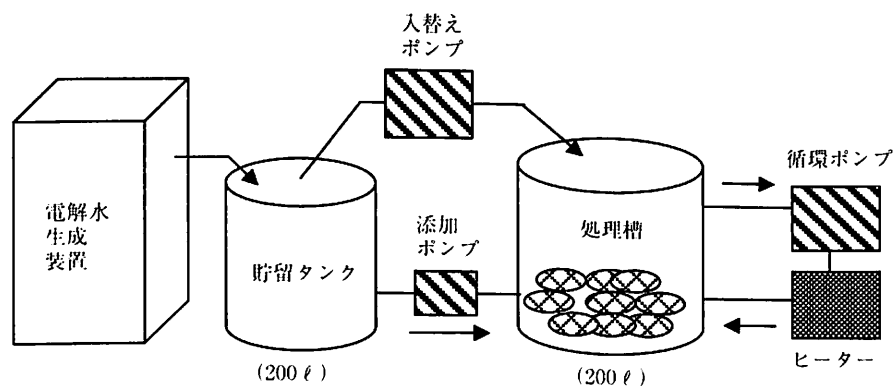
小規模試験と同じ褐条病菌またはもみ枯細菌病菌保菌種子を用いた。

## (2) 温湯処理

ポリエチレン製の網袋 (12cm×9 cm) に保菌種子15gを入れ、これを網状の種子袋に詰めた4kgの健全種子の中心部に15個入れた。この種子袋を、試作装置 (第1図) で予め60℃に加温した200ℓの温湯に2袋ずつ投入し、15分間浸漬した。この作業をさらに4回繰り返し、計10袋を温湯処理した。温湯処理後は直ちに水道水の流水中で約5分間冷却した。また、対照として、種子消毒剤処理区 (イプコナゾール・銅フロアブル剤, 7.5倍希釈液, 種子重量3%種子塗抹処理) および無処理区を設定した。

## (3) 電解水浸漬処理

電解水生成装置により、塩化カリウム水溶液から生成した微酸性~中性の電解水を浸種および催芽に用いた (第1図)。電解水はpH6, 有効塩素濃度200ppmを目標に作成し、生成した電解水と浸種槽内の電解水のpHおよび有効塩素濃度を随時測定した。有効塩素濃度の測



第1図 電解水浸種・催芽処理装置の模式図

- 注1) 同一の処理槽で温湯消毒, 浸種, 催芽を行った。  
 2) 矢印は電解水の流れを示す。  
 3) 入替えポンプは浸種, 催芽開始前に処理槽内の電解水を交換するために使用した。

定は、試料100mlに50%酢酸水溶液 6 mlとヨウ化カリウム 2gを加えて溶解後暗所に5分間放置し、次いで0.5%デンプン水溶液 3 mlを加えた後、0.1Nチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。温湯処理後の種子袋10袋を200 lの電解水を入れた処理槽に投入し、室温で8日間浸種した(第1図)。電解水は毎日作成し、浸種期間中は添加ポンプを用いて1時間あたり約10 lの速度で常時処理槽へ添加した。なお、もみ枯細菌病の試験では、添加ポンプの不調のため、浸種開始から3日後までは浸種水を新しい電解水に毎日1回入れ替え、その後は褐条病の試験と同様に添加ポンプにより電解水を処理槽へ添加した。浸種終了後、処理槽内の浸種液を排出し、32℃に加温した電解水に入れ替えて24時間催芽した。また、種子袋の中央部に設置した保菌種子は、催芽開始前にその一部を取り出し、電解水(対照区は水道水)を入れた200ml容の三角フラスコで32℃、125rpmの振とう条件もしくは32℃、静置条件で24時間催芽させた。対照区の浸種および催芽は、電解水浸漬処理区と同じ浴比とし別の容器(ポリバケツ)を用いて実施した。催芽種子はプラスチックケース(17.4cm×8.5cm)に播種し、32℃で2日間出芽処理後、15℃(夜温)~30℃(昼温)のガラス室で育苗した。育苗床土にはタチガレエース粉剤を混合した。電解水処理区は5反復、対照区は3反復で試験を行った。中規模試験は平成13年4月から5月にかけて実施した。

#### (4) 発病調査

発病調査は、播種18~19日後に前述の方法で行った。

## 結 果

### 1. 小規模試験

電解水を浸種および催芽に用いた場合のもみ枯細菌病防除効果を第1表に示した。電解水浸漬処理により発病が抑制されたが、浸種開始から催芽直前まで電解水の交換をしない場合は効果がやや低く、浸種期間中の電解水交換頻度を増やすことで防除効果は高まった。温湯消毒と電解水浸漬処理の組み合わせによる防除効果を第2表に示した。60℃15分間の温湯消毒のみの処理区では防除価55で化学薬剤区と比較し効果は劣ったが、電解水浸漬処理との組み合わせにより化学薬剤区と同等の高い防除効果が得られた。

電解水を浸種および催芽に用いた場合の褐条病防除効果を第3表に示した。電解水浸漬処理により発病が抑制

され、電解水交換回数に関わらず防除効果は高く安定していた。温湯消毒と電解水浸漬処理の組み合わせによる防除効果を第4表に示した。60℃15分間の温湯消毒処理区では褐条病防除効果は認められず、電解水浸漬処理の

第1表 浸種および催芽時の浸漬処理に用いた電解水の交換間隔ともみ枯細菌病防除効果

浸漬処理	交換間隔(日) <sup>a)</sup>	調査苗数	発病苗率(%)	発病度	同左防除価 <sup>b)</sup>
電解水	5	209.0	28.0	22.9	70.9
電解水	3-2	209.3	9.5	7.0	91.1
電解水	1-1-1-1-1	210.7	7.0	5.6	92.9
水道水	3-2	191.0	83.5	78.7	-

a) 浸種水の交換間隔を示す。

例) 3-2: 5日間の浸種のうち浸種3日後とその2日後(催芽前)に浸種水を交換。

b) 水道水浸種区の発病度と比較して算出した。

第2表 種子温湯消毒と電解水浸漬処理の組み合わせによるもみ枯細菌病防除効果

処理区		調査苗数	発病苗率(%)	発病度	同左防除価 <sup>b)</sup>
浸種前処理	浸漬処理 <sup>a)</sup>				
温湯60℃15分間	電解水	205.0	0.2	0.1	99.8
温湯60℃15分間	水道水	201.0	43.4	35.4	55.0
化学薬剤 <sup>c)</sup>	水道水	205.7	0.2	0.1	99.9
無処理	電解水	209.3	9.5	7.0	91.1
無処理	水道水	191.0	83.5	78.7	-

a) 浸種時および催芽時の処理で、浸種3日後とその2日後(催芽前)に浸種水を交換した。

b) 水道水浸種区の発病度と比較して算出した。

c) イブコナゾール・銅フロアブル剤、20倍液、10分間浸漬

第3表 浸種および催芽時の浸漬処理に用いた電解水の交換間隔と褐条病防除効果

浸漬処理	交換間隔(日) <sup>a)</sup>	調査苗数	発病苗率(%)	発病度	同左防除価 <sup>b)</sup>
電解水	5	193.7	0.0	0.0	100
電解水	3-2	195.0	0.2	0.1	99.6
電解水	1-1-1-1-1	195.3	0.3	0.3	99.1
水道水	3-2	186.3	50.7	33.8	-

a), b) 第1表を参照

第4表 種子温湯消毒と電解水浸漬処理の組み合わせによる褐条病防除効果

処理区		調査苗数	発病苗率(%)	発病度	同左防除価 <sup>b)</sup>
浸種前処理	浸漬処理 <sup>a)</sup>				
温湯60℃15分間	電解水	192.0	0.5	0.1	99.6
温湯60℃15分間	水道水	179.7	46.4	33.0	2.3
化学薬剤	水道水	187.0	0.2	0.0	99.9
無処理	電解水	195.0	0.2	0.1	99.6
無処理	水道水	186.3	50.7	33.8	-

a), b), c) 第2表を参照

みで化学薬剤区と同等の高い防除効果が認められた。温湯消毒と電解水浸漬処理との組み合わせによる褐条病防除効果は電解水浸漬処理のみによる防除効果と同等であった。なお、いずれの処理区も生育への影響は認められなかった。

## 2. 中規模試験

電解水浸種・催芽処理装置を用い40kgの種子を処理する中規模の防除試験の結果を第5表、第6表に示した。処理槽内催芽区の発病が極少発生であったため、もみ枯細菌病では振とう催芽区および静置催芽区、褐条病では振とう催芽区の結果のみ示した。もみ枯細菌病および褐条病について、温湯消毒と電解水を組み合わせて浸種および催芽を行った場合に、化学薬剤区と同等の高い防除効果が認められた。なお、褐条病の試験において、温湯消毒と電解水を組み合わせた区で苗立ち数（調査苗数）がわずかに減少したが、実用上問題のない程度であった。

浸種期間中における処理槽内の電解水のpHは5～7、また、有効塩素濃度は60～180ppmで推移した。有効塩素濃度は概ね90ppm程度は維持されていたが、添加した電解水（120～200ppm）より低い濃度となった。

## 考 察

水稻の種子温湯消毒は様々な研究を経て60℃、10～15分間の浸漬処理方法が一般に利用されている<sup>2,3,7,12,18)</sup>。種子温湯消毒による防除効果はいもち病、ばか苗病、褐条病、もみ枯細菌病および苗立枯細菌病で高いが<sup>2,3,7,12,18)</sup>、褐条病やもみ枯細菌病に対しては温湯消毒による防除効果は不安定とする報告もある<sup>1,14,18)</sup>。本試験においても褐条病防除効果は認められず、褐条病の発生が問題となる新潟県においては、種子温湯消毒を行う場合、電解水等の他の防除手段との組み合わせが必須と考えられる。

電解水は次亜塩素酸などの有効塩素により殺菌力を示し<sup>6,9)</sup>、近年は農業分野、特に施設野菜等での病害防除や水稻種子消毒への利用が検討されている<sup>8)</sup>。電解水中の有効塩素は速やかに大気中に放出され、残留性が少ないことから、環境に与える負荷の少ない病害防除方法として期待されている<sup>8,13)</sup>。有効塩素が速やかに放出される野外での処理と異なり、比較的閉鎖的な環境での処理が可能な水稻の種子予措の場面は、電解水の特性を生かしつつ防除効果も維持しやすい環境にあると考えられる。

浸種および催芽時の電解水浸漬処理によりもみ枯細菌

第5表 種子温湯消毒と電解水浸漬処理によるもみ枯細菌病防除効果（中規模試験）

処 理 区		調査苗数	発病苗率 (%)	発病度	防除価 <sup>a)</sup>
処理方法	催芽方法				
温湯消毒 <sup>b)</sup> + 電解水浸種・催芽	振とう催芽	533.0	1.2	0.9	96.1
化学薬剤 <sup>c)</sup>	〃	528.2	1.2	1.1	95.1
水道水浸種	〃	515.0	24.6	22.4	—
温湯消毒 + 電解水浸種・催芽	静置催芽	537.4	0.5	0.4	97.1
化学薬剤	〃	534.4	0.1	0.1	99.5
水道水浸種	〃	522.2	13.7	13.3	—

a) 水道水浸種区の発病度と比較して算出した。

b) 60℃、15分間浸漬

c) イブコナゾール・銅フロアブル剤、7.5倍液、種子重量3%種子塗抹

第6表 種子温湯消毒と電解水浸漬処理による褐条病防除効果（中規模試験）

処 理 方 法	調査苗数	発病苗率 (%)	発病度	防除価 <sup>a)</sup>
温湯消毒 <sup>b)</sup> + 電解水浸種・催芽	525.4	0.0 <sup>c)</sup>	0.0 <sup>c)</sup>	99.7
化学薬剤 <sup>d)</sup>	558.8	0.0	0.0	100.0
水道水浸種	546.2	23.8	11.6	—

a) 水道水浸種区の発病度と比較して算出した。

b) 60℃、15分間浸漬

c) 発病苗率0.04%、発病度0.04

d) イブコナゾール・銅フロアブル剤、7.5倍液、種子重量3%種子塗抹

注) 催芽は振とう（32℃、125rpm）により行った。

病の発病は抑制され、浸種時に電解水を頻繁に交換することで防除効果が高まる傾向が認められた(第1表)。電解水中に含まれる有効塩素は靱のような有機物と接触した場合に短時間に消失することから<sup>13)</sup>、頻繁に浸種水を交換することで有効塩素濃度を高く維持できたものと推察される。小規模試験の結果から、種子温湯消毒のみでは防除効果が不安定な褐条病およびもみ枯細菌病において、電解水浸漬処理を加えた体系処理により種子消毒剤処理に匹敵する防除が可能となると考えられる。さらに、処理種子量を40kgとした中規模の試験において、少発生条件下ではあるものの両病害の防除効果が認められた(第5表、第6表)。この体系処理の活用により個人農家規模においても水稻種子伝染性病害の実用的な防除効果を発揮できるものと考えられる。

電解水を浸種に用いたいくつかの報告では、供試した電解水のpHおよび有効塩素濃度は異なっている。大森ら<sup>13)</sup>はpH2.0、有効塩素濃度200ppmの電解水を、園田ら<sup>15)</sup>はpH2.2~2.6、有効塩素濃度25~80ppmの電解水を、山下ら<sup>16)</sup>はpH約2.5の電解水と、いずれも低pHの電解水を用いている。本報告で用いた電解水はpH6前後であることから人体への刺激性が低いと推察されるが、作業者への安全性については今後検討が必要と考える。

本試験に使用した電解水生成装置は試作段階であり、実用化に向けては装置の安定性や浸漬処理時の有効塩素濃度の高濃度での維持、さらに、より簡便かつ効果の高い処理方法等の検討が必要と考えられる。また、種子消毒剤処理に比べ、導入コストや稼働体制などで課題が残されている。さらに、電解水の特定防除資材(特定農薬)への指定については現在審議継続中であり、審議の動向が電解水の研究および生産現場への普及にも影響を及ぼすと思われる。

現在、本報告以外にも、温湯消毒に食酢<sup>16)</sup>や生物農薬<sup>4)</sup>を組み合わせる方法、また、海洋深層水電解水<sup>11)</sup>を利用する方法などの研究が進んでいる。本法の諸々の課題が解決された場合には、環境保全型農業に適した防除体系の一つとして生産現場に利用され得るものと期待される。

## 引用文献

- 1) 江口直樹・山下 亨・武田和男・赤沼礼 (2000) 温湯処理機による水稻種子伝染性病害の防除. 関東病虫研報 47: 27~29.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 富家和典・角田 巖・長谷部匡昭 (2005) 温湯浸漬法と生物農薬を併用した水稻種子伝染性病害の総合防除. 日植病報 71: 241 (講要).
- 5) 堀 武志・小湊慶司・原澤良栄 (2004) 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) 堀田国元 (2002) 医療分野における電解水利用最前線. 農林水産研究ジャーナル 25-8: 37~41.
- 7) 角田 巖・中野 学・湯浅和宏 (2002) 温湯浸漬法によるイネ種子伝染性病害の発病抑制. 滋賀総七農試研報 42: 8~16.
- 8) 雁野勝宣 (2002) 農業分野における機能水利用最前線. 農林水産研究ジャーナル 25-8: 22~27.
- 9) 小林健治 (2002) 食品加工分野における調理用電解水の利用. 農林水産研究ジャーナル 25-8: 28~33.
- 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 (講要).
- 11) 向島博行・梅沢順子・松本美枝子 (2005) 富山湾深層水の電解水を活用した水稻種籾消毒法. 日植病報 71: 280~281 (講要).
- 12) 那須英夫・松田 泉・金谷 元・畑本 求 (1995) イネもみ枯細菌病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) 大森敏弘・岡 工・狗田 徹・石郷岡博・荒田洋治 (2000) イネもみ枯細菌病菌感染もみに対する酸性電解水の効果. 防菌防黴 28: 485~491.
- 14) 白井佳代・丹野 久・小倉玲奈・五十嵐俊成・田中文夫 (2003) 北海道における水稻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.
- 15) 園田亮一・宮坂 篤・岩野正敬 (2000) イネいもち病, ばか苗病菌保菌種子に対する電解水の消毒効果. 日植病報 66: 276 (講要).
- 16) 梅沢順子・向島博行・守川俊幸 (2005) 浸種前温湯

消毒処理と催芽時食酢添加処理を組み合わせた数種  
イネ種子伝染性病害の防除. 日植病報 71:280  
(講要).

- 17) 山下 亨・江口直樹・斎藤栄成 (1997). イネの育  
苗期における細菌病害に対する酸化電位水の効果.  
日植病報 63:251~252 (講要).

- 18) 山下 亨・江口直樹・赤沼礼一・斎藤栄成  
(2000). 水稻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  
東病虫研報 47:17~21.

(2005年11月7日受領)

---