

富山湾海洋深層水の電解水による水稻種籾消毒の効果と現地実証

向島博行・関原順子・松本美枝子

Hiroyuki MUKOBATA, Junko SEKIHARA and Mieko MATSUMOTO :

Laboratory and field trials of rice seed disinfection with electrolyzed water generated
from deep sea water of Toyama Bay

水稻の主要な種子伝染性病害に対し、富山湾海洋深層水由来の電解水を用いた種子消毒法を検討した。苗立枯細菌病ともみ枯細菌病の2種病害に対してはアルカリ性電解水が、褐条病に対しては酸性電解水が顕著な防除効果を示した。これらの防除効果は、浸漬温度を高めることで、より短時間の処理で得られた。そこで、酸性電解水を50℃で1時間処理した後、アルカリ性電解水を50℃で1時間処理したところ、苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、褐条病だけでなく、ばか苗病、いもち病に対しても防除効果が認められた。また、同一液を3回使用しても、苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、褐条病およびばか苗病に対する防除効果は低下しなかった。本種子消毒法を用い、水稻の現地実証試験を3年間行ったところ、育苗期の種子伝染性病害の発生は認められなかった。

Key words : 水稻種子消毒, 海洋深層水電解水, rice seed disinfection, deep sea water of electrolyzed water

緒 言

高品質米生産には、健全な種子の確保とほ場での良好な生育を維持することが重要であり、そのためには病害虫防除を欠くことはできない。

富山県ではいもち病、もみ枯細菌病、紋枯病および白葉枯病などの水稻病害が発生し、米の品質、収量に影響を及ぼして問題となっている。このうち、育苗期の重要病害であるいもち病、ばか苗病、もみ枯細菌病、および褐条病等はいずれも種子伝染性で、その防除は化学農薬による種子消毒を基幹とし、それに生育期の農薬散布を組み合わせた方法が一般的である。しかし、近年では薬剤耐性菌の出現⁹⁾による防除効果の低下や消毒後の農薬廃液処理等が問題となっている。一方、「食の安全・安心」や「環境保全」に対する社会的関心の高まりから、農薬の使用に当たっては、安全性の確保、周辺環境への影響について、より一層の配慮が求められているだけでなく、化学農薬への依存度を下げ、環境への負荷を軽減することが課題となっている。

このような情勢の中、化学農薬を用いない病害防除法として拮抗微生物の活用や効率的温湯処理法、および電

解水を用いた防除法などの開発が取り組まれている。

電解水（電解機能水とも呼称）は、1980年代後半にメチシリン耐性黄色ブドウ球菌（MRSA）にも卓効を示す殺菌水としてわが国独自に開発されたものである。電解水は、塩化ナトリウムや塩化カリウム等の希釈水溶液を弱い直流電圧で電気分解して得られる液体の総称で、酸性電解水とアルカリ性電解水が等量生成される。これまでの研究で、電解水は広範なグラム陽性・陰性の病原細菌やウイルスを容易に殺菌・不活化する性質を持ち、細胞膜やタンパク質および核酸（DNAやRNA）にも損傷を与えることが明らかとなっている⁵⁾。電解水は、医療分野では手指や内視鏡の洗浄消毒の他、創部の治療などに使われている⁴⁾。また、電解水は微生物の生存にとって必須な成分に同時多面的に作用することから、電解水に感受性な菌から電解水耐性菌が出現することは理論的に極めて考えにくいとされている⁷⁾。さらに、電解水は食品添加物として認可されていることから、廃液の処理についても特に注意が必要であるとは考えにくい。

水稻種子消毒においては、もみ枯細菌病、ばか苗病、褐条病、いもち病などで、個々の病害に対する電解水の効果が調べられているが、これら全ての病害を同時に防

除するための処理条件は検討されていない。近年、海水（海洋深層水）を利用して電解水を製造する海水型電解水製造装置が富山県で開発された¹⁵⁾。

そこで本研究では、複数の水稲種子伝染性病害を同時に防除する方法として、この海水型電解水製造装置を用いて作成した酸性電解水とアルカリ性電解水の連続処理法およびその実用性を検討し、現地試験においてその防除効果を検証した。

本研究を遂行するにあたり、電解水生成機に関して種々協力をいただいた(株)南条・大木樹脂工業および温湯処理機の装置システムで協力いただいた(株)タイガーカワシマならびに(株)富山クボタに深甚なる謝意を表す。また、現地試験で協力していただいた滑川市役所、JAアルプス、富山農業普及指導センター上市普及課、入善町、JAみな穂の関係各位に感謝申し上げます。また、現地圃場を提供・管理いただき、多大な協力をいただいた滑川市の荒川豊彦氏、北野営農組合、ならびに入善町の島田藤一氏に厚くお礼申し上げます。

材料および方法

1. 供試種子

苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、褐条病に対する試験では減圧接種種子（品種：コシヒカリ）を用いた。苗立枯細菌病菌（菌株T15044）、もみ枯細菌病菌（菌株T14056）、褐条病菌（菌株T15088）をPPGA培地を用いて32℃で1～2日間培養し、いずれも約 1×10^8 cfu/mlの濃度で種子に約20分間減圧接種した。健全種子とこれらの接種種子の混合比率をもみ枯細菌病では3:1、苗立枯細菌病では5:1、褐条病では0:1とした。ばか苗病では開花期接種糶（品種：てんたかく）を、いもち病では自然感染糶（品種：コシヒカリ）を供試した。

2. 海洋深層水を用いた電解水の処理法および耕種概要

各種室内試験で供試した海洋深層水は滑川市沖（沖合2.5km、水深340m）で採取したものを、現地試験では滑川市沖または入善町沖（沖合1.5km、水深380m）の海洋深層水を用いた。

これらの海洋深層水（塩化ナトリウム濃度約3.4%）を海水型電解水製造装置（南条大木樹脂社製）により電気分解し、生成したpH4.0～4.5、有効塩素濃度100～130ppmの酸性電解水と、pH10.0～11.0、有効塩素濃度2～5ppmのアルカリ性電解水を以下の試験に供試した。

室内試験では、乾糶をウォーターバス内でアルカリ性電解水または酸性電解水に所定の温度と時間で浸漬処理後、恒温器で15℃、6日間浸種を行った。その後、褐条病では発病を促すため、播種前日に32℃、24時間、125回/分の速度で浸とう催芽させ、そのほかの病害では32℃で24時間の蒸気式催芽を行った。

乾糶は6g（約250粒）を用い、円形塩ビカップ（径12cm、深さ5cm）に播種した。播種後30℃で2日間の出芽処理を行い、その後戸外のグロースキャビネット（昼夜温30～17℃、湿度70～95%）へ搬入した。対照には、水道水および銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤の200倍希釈液を用いて、浸種前に15℃で24時間種子浸漬処理をした。各々の試験は2反復または3反復で行った。

電解水の使用回数の試験では、温湯処理はタイガーカワシマ社製YS-200HCを用いて行った。保菌糶を網袋に入れ、これを種子袋中に入れた健全糶（8kg）の中央部に挿入し、60℃、10分間処理した。試験は3反復で行った。本試験では処理中の電解水のpHおよび有効塩素濃度を測定した。有効塩素濃度の測定は、試料100mlに50%酢酸水溶液6ml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3mlを加えた後、0.1Nチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。

3. 各種病害の発病調査

播種12～14日後に全苗を水洗後、病害ごとに発病程度別に苗数を調査し、発病度を算出した。苗立枯細菌病ともみ枯細菌病では、発病程度を健全（指数=0）、葉鞘基部が白化（指数=1）、第一葉～第三葉が白化（指数=2）、葉鞘基部の腐敗または萎凋（指数=3）、腐敗枯死（指数=4）に類別した。褐条病では発病程度を健全（指数=0）、葉鞘の侵害（指数=1）、不完全葉の侵害（指数=2）、第一葉の侵害（指数=3）、第二葉の侵害または腐敗枯死（指数=4）に類別した。発病度は $100 \times \Sigma$ （指数×発病程度別苗数）/（4×調査苗数）とし、発病度から防除価を算出した。また、ばか苗病については黄化・徒長や枯死などの発病苗数を調査した。いもち病については、葉鞘病斑の認められる苗数及び枯死苗数を調査した。ばか苗病といもち病は発病苗率から防除価を算出した。

4. 現地実証試験

種子消毒は電解水を用いた温湯処理法によった。すなわち、50℃に加温した酸性電解水180ℓに種粒8kg（品種：コシヒカリ）を1時間浸漬し、水を切った後、50℃に加温したアルカリ性電解水180ℓに1時間浸漬した。その後水冷し、現地慣行の通常の浸種、催芽、播種を行った。対照の種子消毒剤にはイプコナゾール・銅水和剤を用いた。

試験田は10～30aの1筆を2分して実証区と慣行区を配置し、施肥及び本田期の防除は現地慣行で行った。2004年は入善町と滑川市の各1箇所、2005年は滑川市内の2箇所、2006年は滑川市の1箇所で行った。

育苗時の各種病害の発病程度を先述の方法に従って調査し、本田移植後の生育調査および成熟期の株分解調査を実証区と慣行区内の各2箇所で行った。さらに、生育調査箇所付近を円形坪刈り機（3.3m²）で刈り取り、収量および品質調査を行った。

結 果

1. 3種の細菌性病害に対する海洋深層水の電解水の種類と防除効果

試験結果をまとめて第1表に示した。

苗立枯細菌病に対しては酸性電解水の防除効果は認められなかった。アルカリ性電解水処理において、50℃では1時間処理区で最も発病が抑制された。

もみ枯細菌病に対しては、苗立枯細菌病と同様に酸性電解水の効果は認められなかった。アルカリ性電解水処理では、15℃3日および50℃1時間処理区で発病が顕著に抑制された。

褐条病に対しては、酸性電解水の15℃3日、40℃1日および50℃1時間処理で安定した防除効果が認められた。一方、アルカリ性電解水は全く防除効果が認められなかった。

2. 両電解水の連続処理による防除効果

酸性電解水とアルカリ性電解水のそれぞれの欠点を補

第1表 海洋深層水を用いた電解水の種類と処理温度の違いによる各種イネ種子伝染性病害に対する防除効果

処理液	処理温度	処理時間	苗立枯細菌病		もみ枯細菌病		褐条病	
			発病苗率(%)	発病度	発病苗率(%)	発病度	発病苗率(%)	発病度
酸性電解水	15℃	3日	100	100	58.1	35.8	0.4	0.8
	40℃	1日	100	98.4	—	—	1.0	0.3
	50℃	15分	—	—	—	—	32.4	20.4
	50℃	60分	—	—	—	—	2.3	2.0
アルカリ性電解水	15℃	3日	24.8	6.8	0.5	0.1	33.5	31.6
	40℃	1日	5.7	1.4	—	—	41.7	30.3
	50℃	15分	28.5	8.5	—	—	—	—
	50℃	60分	1.3	0.3	4.8	1.2	—	—
水道水	50℃	60分	100	54.0	56.1	52.7	61.7	61.7
	60℃	10分	0	0	2.8	0.7	0	0
化学薬剤	15℃	1日	26.5	9.9	5.0	1.2	0.6	0.3

注1) —は試験未実施。

2) 化学薬剤は、銅・フルジオキシニル・ベフラゾエート水和剤の200倍希釈液を用いた。

3) 数値は2反復の平均値を示した。

第2表 海洋深層水の電解水の酸性水とアルカリ性水の処理順序と各種イネ種子伝染性病害に対する防除効果

種子消毒の方法	苗立枯細菌病		もみ枯細菌病		褐条病	
	発病苗率(%)	発病度	発病苗率(%)	発病度	発病苗率(%)	発病度
酸性電解水50℃30分、アルカリ性電解水50℃30分連続処理	2.9	0.7	1.7	0.4	7.6	3.8
酸性電解水50℃1時間、アルカリ性電解水50℃1時間連続処理	0	0	0	0	0.4	0.1
アルカリ性電解水50℃30分、酸性電解水50℃30分連続処理	90.8	57.5	5.4	1.4	5.7	1.9
アルカリ性電解水50℃1時間、酸性電解水50℃1時間連続処理	7.6	1.9	1.1	0.3	10.0	3.7
化学薬剤	100	78.3	10.5	3.9	3.8	2.3
水道水50℃1時間処理	27.9	10.4	0	0	17.9	11.9

注1) 化学薬剤は、銅・フルジオキシニル・ベフラゾエート水和剤の200倍で15℃、24時間処理した。

2) 数値は2反復の平均値を示した。

うため、これらの連続処理による防除効果を検討した。処理温度は50℃とし、異なる順序で各々30分または1時間処理を組み合わせ比較した（第2表）。

苗立枯細菌病、もみ枯細菌病及び褐条病の3種細菌性病害に対しては、酸性電解水を1時間処理した後に、アルカリ性電解水を1時間処理した方が処理順序が逆の場合より発病苗率、発病度が低かった。特に、苗立枯細菌病ともみ枯細菌病に対しては銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤処理を上回る防除効果が認められた。この連続処理により、種籾の発芽率は低下しなかつ

た。

さらに本処理条件におけるばか苗病といもち病に対する効果を検討したところ、ばか苗病に対して100の、いもち病に対しては89.8のそれぞれ防除価を示した（第3表）。

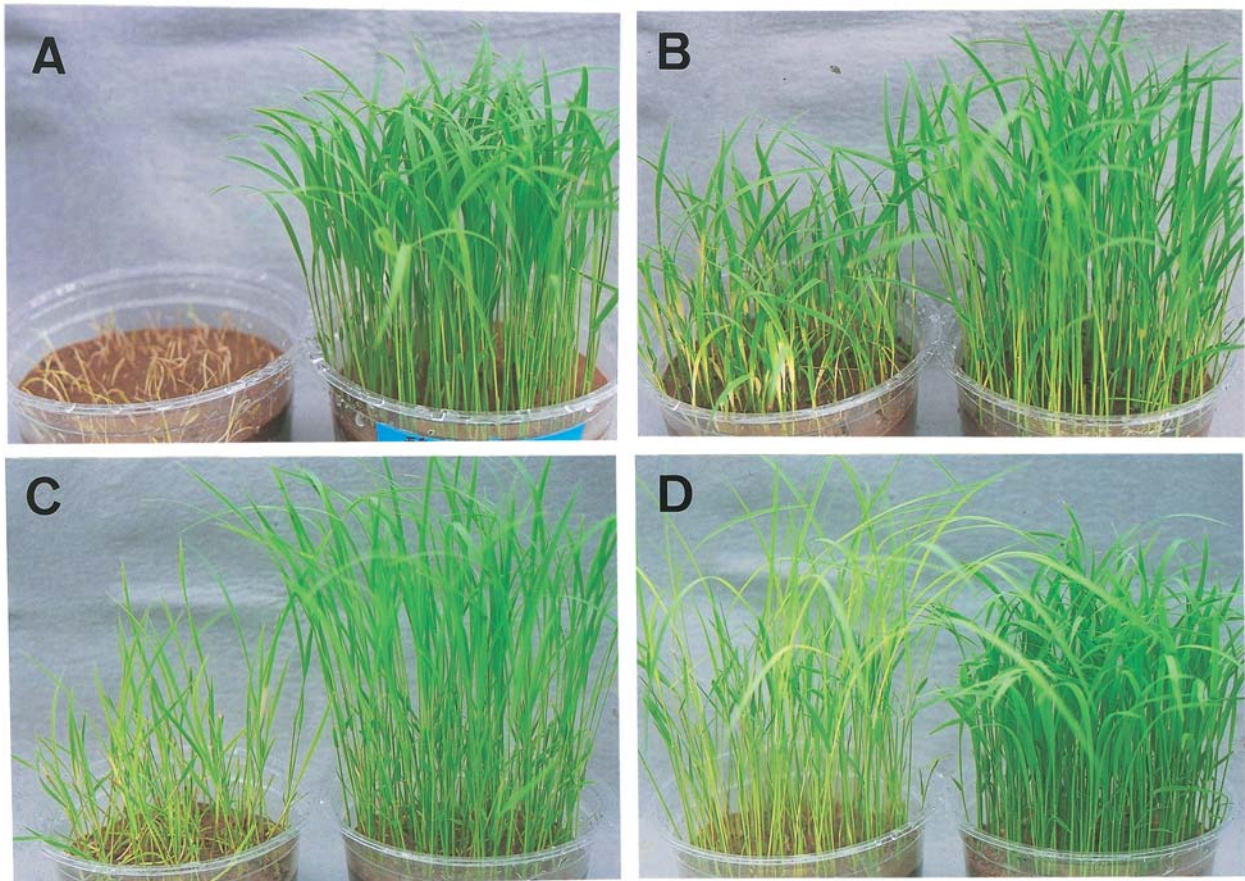
以上から、育苗期における苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、褐条病、ばか苗病、いもち病の5種の種子伝染性病害に対する本法の高い防除効果が明らかとなった（第1図）。

第3表 海洋深層水の電解水の酸性水とアルカリ性水の連続処理による各種イネ種子伝染性病害に対する防除効果

種子消毒の方法	ばか苗病		いもち病	
	発病苗率(%)	防除価	発病苗率(%)	防除価
酸性電解水50℃ 1時間, アルカリ性電解水50℃ 1時間連続処理	0	100	4.1	89.8
化学薬剤	0	100	1.5	96.3
無処理(水道水, 15℃ 3日)	100	—	40.0	—

注1) 化学薬剤は、銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤の200倍で15℃, 24時間処理した。

2) 数値は3反復の平均値を示した。



第1図 海洋深層水の酸性電解水とアルカリ性電解水の50℃, 各1時間浸漬による各種病害に対する防除効果(左, 無処理)

A: 苗立枯細菌病, B: もみ枯細菌病, C: 褐条病, D: ばか苗病

3. 電解水の再使用と防除効果

温湯処理機内の電解水を再使用した場合の防除効果を調査した。酸性電解水の有効塩素濃度は、2回目または3回目使用後では1回目使用後の約1/2に低下した。また、酸性電解水のpHは3回使用後でもほとんど変化しなかったが、アルカリ性電解水では3回目使用後にはpH10.3からpH8.6へと低下した(第2図)。その結果、苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、褐条病、ばか苗病に対する防除効果は、いずれも1~3回目の使用で差が認められなかった(第4表)。

4. 現地実証試験

育苗期の病害発生及び収量調査の結果を第5表に示した。

2004年~2006年の現地試験で、育苗期における各種病害の発生は認められなかった。

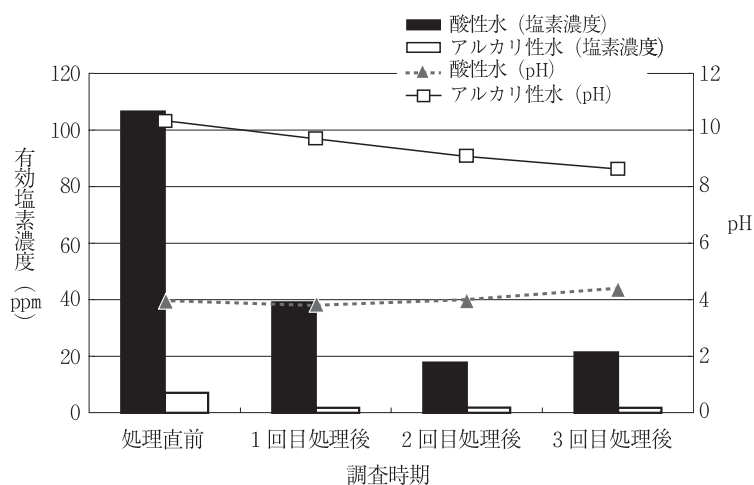
2004年の試験で本田移植後の調査では、電解水の体系処理区では、移植の初期から茎数や草丈が慣行区に比べて旺盛で、成熟期の稈長や穂数もやや上回った。収量調

査では、電解水処理区は慣行区よりも、10a当たり換算精玄米重で平均27.5kg上回った。また、精玄米の玄米品質は慣行区とほぼ同程度であった。2005年と2006年の収量調査でも同様に、電解水の体系処理区の方が慣行区を上回った。

考 察

本試験において、海洋深層水の電解水による水稻種子伝染性病害に対する防除効果が明らかとなった。また、保菌種子を、まず50℃の酸性電解水に1時間浸漬し、次に50℃のアルカリ性電解水に1時間浸漬することで、苗立枯細菌病、もみ枯細菌病、褐条病、ばか苗病およびいもち病を同時に防除できることが明らかとなった。

電解水を用いた種粒消毒では、イネもみ枯細菌病^{3,11,14)}、イネ褐条病³⁾、イネばか苗病⁸⁾の防除法について報告されているが、いずれも酸性電解水を用いており、本論文のようにアルカリ性電解水については報告されていない。また、酸性電解水とアルカリ性電解水の両方を用いた病害防除試験では、本田におけるイネいもち病の予防的効果¹²⁾やキュウリうどんこ病に対する有効



第2図 海洋深層水の電解水の使用回数と有効塩素濃度及びpHの変化

第4表 海洋深層水の電解水の同一液の使用回数と各種イネ種子伝染性病害に対する防除効果

種子消毒の方法	苗立枯細菌病		もみ枯細菌病		褐条病		ばか苗病	
	発病度	防除価	発病度	防除価	発病度	防除価	発病苗率(%)	防除価
電解水体系処理, 1回目	0.3	99.7	0.6	99.0	0.7	98.9	0	100
電解水体系処理, 2回目	0	100	0	100	0.7	98.9	0	100
電解水体系処理, 3回目	0.9	99.1	0.7	98.8	0.6	99.0	0	100
化学薬剤	54.9	45.1	41.1	29.4	3.1	94.9	0	100
無処理(水道水, 15℃ 3日)	100	—	58.2	—	61.2	—	72.8	—

注1) 電解水体系処理は、酸性電解水50℃1時間、アルカリ性電解水50℃1時間連続処理を行った。

注2) 化学薬剤は、銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤の200倍で15℃、24時間処理した。

注3) 数値は3反復の平均値を示した。

第5表 海洋深層水の電解水を用いたイネ種子消毒苗の発病と収量性

試験年次	試験地	種子消毒法	発病苗 ¹⁾ 率(%)	10a当たり換算収量(kg)			千粒重(g)
				精玄米重 ²⁾	同左指数 ³⁾	くず米重	
2004年	滑川市(1)	電解水体系処理	0	551	105	22.8	22.0
		化学薬剤	0	523	100	24.0	21.9
	入善町	電解水体系処理	0	553	105	61.8	24.2
		化学薬剤	0	526	100	44.1	24.0
2005年	滑川市(1)	電解水体系処理	0	571	112	72.6	23.1
		化学薬剤	0	512	100	56.6	23.0
	滑川市(2)	電解水体系処理	0	524	107	121.2	22.6
		化学薬剤	0	488	100	34.5	23.1
2006年	滑川市(1)	電解水体系処理	0	674	108	72.6	24.0
		化学薬剤	0	624	100	56.6	24.2

注1) 各種種子伝染性病害(苗立枯細菌病, もみ枯細菌病, 褐条病, ばか苗病, いもち病)の発病苗率

2) 粒厚1.90mm以上

3) 各慣行薬剤区を100とした各深層水電解水区の指数

4) 電解水体系処理は, 酸性電解水50℃1時間, アルカリ性電解水50℃1時間連続処理を行い, 化学薬剤は, イプロコナゾール・銅水和剤で200倍, 24時間処理した。

5) 数値は2反復の平均値を示した。

性²⁾を報告した例はあるが, イネの育苗期種子伝染性病害に対する種子消毒に関しては本論文がはじめてである。

種子の温湯消毒法は減農薬を志向する農家の間で環境保全型農業技術として使用されてきたが, 近年一般農家へも急速に普及しつつある。しかし, 一般的に採用されている60℃で10~15分間の温湯処理は細菌性病害に対し防除効果が不安定であることが指摘されている^{1,3,10,13)}。電解水を用いた本法と従来の温湯処理とを比較すると, 苗立枯細菌病に対しては, 50℃の酸性電解水1時間, 50℃のアルカリ性電解水1時間の連続処理で明らかに優る効果があり, また対照薬剤よりも防除効果が高かった。さらに, 温湯処理のみでは効果が低い褐条病をはじめとする育苗期種子伝染性病害に対し, 本連続処理は高い防除効果を示した。

酸性電解水では, 主に次亜塩素酸による殺菌力が知られており, 有効塩素濃度がその指標とされている⁵⁾。一方, アルカリ性電解水では, 抗酸化性や油污れなどの洗浄効果が報告されている⁷⁾。本連続処理法において, 酸性電解水の有効塩素濃度は使用直前の約110ppmから2回使用後には約20ppmに低下したが, pHの変化はほとんど認められなかった。一方, アルカリ性電解水では有効塩素濃度は低く, 使用直前から2回目使用後まで大きな変化は認められなかったが, pHは約10.5から9.0へと低下した。この状態で3回目の連続処理を行ったが, 各病害に十分な防除価が得られた。これらのことから, 電解水の作用機作については単純に有効塩素濃度やpHから論ずることは困難であり, 今後の詳細な研究を要する。

本技術を用いた3カ年の現地試験では, いずれの年も育苗期に病害は発生せず, 対照の薬剤処理に比べて収量が高くなる結果が得られた。これについては, アルカリ性電解水による水稻の分けつ促進, 根張り向上, 倒伏抑制, 千粒重の増加などが報告されているように⁶⁾, 本試験においても電解水の処理により同様に生育促進効果があったものと推察されるが, 今後さらに研究を重ねて実証していく必要がある。

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稻種子伝染性病害の防除. 関東病虫研報 47:27~29.
- 2) 富士原和宏(2002) 電解水散布による植物病害防除に関する基礎的知見. 今月の農業 46(7):26~30.
- 3) 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.
- 4) 堀田国元(2001) 医療における強酸性電解水. 電解水ガイド(財)機能水研究振興財団学術選考委員会編集 70~71.
- 5) 堀田国元(2004) 電解機能水の基礎と応用. 富山県立大学環日本海機能水バイオ研究会論文集 27~33.
- 6) 五十部誠一郎(2002) 農業における電解水利用技術

- の現状と課題. 今月の農業 46(7):19~29.
- 7) 菊地憲次 (2004) 電解アルカリ性水の基礎と応用. 富山県立大学環日本海機能水バイオ研究会論文集 51~58.
- 8) 草刈眞一, 阿知波信夫, 阿部一博 (2004) 加温した酸性電解水による水稲種籾消毒とばか苗病の防除効果 (圃場試験) 防菌防黴 32:581~585.
- 9) 守川俊幸・松崎卓志・向島博行 (1998) イネ褐条病菌ともみ枯細菌病菌の薬剤感受性. 北陸農業研究成果情報 14:29~30.
- 10) 白井佳代・丹野 久・小倉玲奈・五十嵐俊哉・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.
- 11) 高橋義行・小川 正・石井 秀・河野敏郎 (1996) 電解酸性水を用いたもみ消毒によるイネの細菌病防除. 関東病虫研報 43:41~43.
- 12) 玉置雅彦・新宅佐寿・酒井泰文 (2001) 電気分解水によるイネいもち病防除の検討. 第8回機能水シンポジウム講演要旨集 56~57.
- 13) 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. 関東病虫研報 47:17~21.
- 14) 山下 亨 (2002) 電解水によるイネもみ枯細菌病 (苗腐敗症) の防除. 今月の農業 46(7):38~42.
- 15) 葭田隆治・古米 保・川岸正伸 (2001) 海水型電気分解装置の開発とその利用. 第8回機能水シンポジウム講演要旨集 70~71.
- (2007年12月28日受領)
-