

# 酸性電解水によるイネ種子伝染性細菌病防除の可能性

独立行政法人農業技術研究機構

その  
園 田 亮 一

中央農業総合研究センター北陸研究センター

## はじめに

酸性電解水（以下、酸性水とする）は電解質を加えた水を電気分解して得られる酸性の水で、農業利用場面では主に塩化カリウムが電解質として用いられている。化学合成農薬の使用量の削減が求められる中、殺菌効果を持つ酸性水は化学合成農薬の代替資材として期待され、1990年代半ばから植物病害防除資材として研究が行われている。

一方、イネの種子伝染性病害には現在、化学合成農薬による種子消毒が広く普及しているが、これを酸性水に替えることができれば化学合成農薬の使用量を削減でき、消毒後の廃液処理が簡便となる。また、酸性水では耐性菌の出現の心配も少ない。ここではイネの種子伝染性細菌病害（もみ枯細菌病、苗立枯細菌病および褐条病）を対象とした酸性水による防除試験（大森ら、2000；園田ら、2002；高橋ら、1996；山下、2002；山下ら、1997）を概観し、酸性水によるイネ種子伝染性細菌病害防除の可能性について述べてみたい。

## I 酸性水の性状

高橋ら（1996）は pH 2.3、有効塩素濃度（以下、塩素濃度とする）10 ppm 程度の酸性水および pH 5.0～5.5、塩素濃度 50～80 ppm 程度の酸性水を、それぞれ強酸化水および弱酸化水と称し試験に用いている。一方、山下ら（1997）が供試した酸性水は pH 約 2.5 で、大森ら（2000）および山下（2002）は pH 2.0、塩素濃度 200 ppm と従来のものより低 pH で塩素濃度の高い酸性水を用いている。なお、大森ら、山下は試験に応じて pH を水酸化ナトリウムで、塩素濃度を同じ pH の電解原水で希釈することで調整している。また、園田ら（2002）は pH 2.0～2.1（平均 2.1）、塩素濃度約 74～101 ppm（平均 85 ppm）の酸性水を試験に用いている。

## II 酸性水の病原細菌に対する直接的な抗菌活性

高橋ら（1996）は酸性水でもみ枯細菌病、苗立枯細菌病および褐条病の病原菌の懸濁液を作製し、10、30 および 60 分後にこれらをジャガイモ半合成寒天（PSA）平板培地上に塗布して、酸性水の直接的な殺菌効果を検討した。その結果、強酸化水中では各菌はいずれも 10 分間でほぼ死滅したのに対し、弱酸化水中では苗立枯細菌病菌は 10 分間、他の 2 菌は 60 分間で死滅した。一方、大森ら（2000）はもみ枯細菌病菌懸濁液に最終塩素濃度が 2 ppm になるように調整した酸性水（pH 2.0 および pH 5.0）を加えて室温 10 分間処理後の細菌数を調べた。その結果、本細菌数は普通寒天培地による塗沫平板培養法の検出限界以下（ $<1.0$ ; log cfu/ml）に減少した。これらは酸性水は培養した病原細菌に直接接触した場合、高い殺菌効果を示すことを表している。

## III 酸性水による種子消毒試験

高橋ら（1996）はもみ枯細菌病菌の浸漬接種籾（品種：コシヒカリ）を酸性水で 5 日間浸種（20°C、浴比 1：2、3 日目に新しい液に交換）後に播種・育苗し、発病を調べた。また、苗立枯細菌病菌浸漬接種籾（品種：コシヒカリ）を健全籾に数%混入した籾を用い、もみ枯細菌病の場合と同様に試験を行った。その結果、両病害いずれにも強酸化水は薬剤処理区（オキソリニック酸水和剤 200 倍液 1 日間浸漬）と同等の高い防除効果を示したが、弱酸化水では十分な防除効果は認められなかった。

一方、山下ら（1997）は酸性水に接種籾を浸漬して播種し、酸性水の浸漬処理は褐条病には薬剤処理と同等の防除効果があり、もみ枯細菌病と苗立枯細菌病には不安定ながらも防除効果があったと報告している。さらに山下（2002）はもみ枯細菌病菌開花期接種籾（品種：コシヒカリ）を用い、浴比 1：4 で 5 日間浸種（10°C）し、催芽を 32°C で 1 日間行い、播種約 2 週間後に苗の発病を調査する試験も行った。この試験で、浸種中に酸性水（pH 2.0、塩素濃度 200 ppm）を毎日交換した区、酸性水に浸漬して催芽直前に交換した区および水で浸漬して

表-1 イネもみ枯細菌病感染粗に対する酸性水の防除効果 (園田ら, 2002)

処理方法	試験1 (浸漬接種)			試験2 (開花期接種)			試験3 (自然感染)		
	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度
蒸留水 15°C	403.0	62.9	48.9	444.3	5.4	3.0	392.3	26.3	10.2
酸性水 15°C	344.7	100.0	99.0	442.7	65.2	35.0	399.7	72.4	46.6
蒸留水 40°C	285.0	46.3	28.8	326.0	68.5	29.0	351.3	18.3	7.4
酸性水 40°C	357.7	16.6	8.4	422.0	20.1	11.8	393.7	18.0	7.3
対照薬剤	418.3	4.9	2.5	445.7	5.5	2.9	417.7	7.6	2.9

注) 1. 対照薬剤: オキシリニック酸水和剤 200 倍液 24 時間浸漬. 2. 供試品種: 試験1; キヌヒカリ, 試験2・試験3; ヒノヒカリ. 3. 播種粒数: 試験1: 443.7 粒/箱, 試験2: 449.4 粒/箱, 試験3: 445.6 粒/箱.

表-2 イネ苗立枯細菌病感染粗に対する酸性水の防除効果 (園田ら, 2002)

処理方法	試験1 (浸漬接種)			試験2 (開花期接種)		
	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度
蒸留水 15°C	388.7	97.2	91.4	456.3	25.6	17.8
酸性水 15°C	400.3	83.7	72.4	459.0	97.8	95.3
蒸留水 40°C	359.7	91.0	83.2	372.3	10.8	7.6
酸性水 40°C	413.3	4.7	2.9	445.7	3.4	2.1
対照薬剤	426.0	24.2	15.1	453.3	1.2	0.7

注) 1. 対照薬剤: オキシリニック酸水和剤 200 倍液 24 時間浸漬. 2. 供試品種: 試験1; キヌヒカリ, 試験2; ヒノヒカリ. 3. 播種粒数: 試験1: 441.3 粒/箱, 試験2: 460.8 粒/箱.

表-3 イネ褐条病感染粗に対する酸性水の防除効果 (園田ら, 2002)

処理方法	試験1 (浸漬接種)			試験2 (開花期接種)		
	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度	調査苗数 (本)	発病苗率 (%)	発病度
蒸留水 25°C	408.3	51.6	24.0	418.7	34.3	22.5
酸性水 25°C	404.0	16.1	6.9	429.0	10.3	4.8
蒸留水 40°C	366.3	32.4	19.9	366.7	22.2	13.1
酸性水 40°C	367.3	23.7	12.2	404.0	1.1	0.9
対照薬剤	383.7	3.4	2.2	431.3	23.7	13.9

注) 1. 対照薬剤: オキシリニック酸水和剤 200 倍液 24 時間浸漬. 2. 供試品種: 試験1・試験2; キヌヒカリ. 3. 播種粒数: 試験1: 424.5 粒/箱, 試験2: 443.8 粒/箱.

催芽時のみ酸性水で浸種した区を設けたが、いずれの処理区の防除効果も対照の薬剤処理区 (オキシリニック酸・プロクロラズ水和剤 200 倍液 1 日間浸漬) とほぼ同等で、酸性水はオキシリニック酸耐性菌に対しても有効であったと報じている。

園田ら (2002) はもみ枯細菌病、苗立枯細菌病および褐条病を対象とし、浴比を 1:10 とし、酸性水の浸漬処理 (15°C, 1 日間) 後に蒸留水で 15°C, 3 日間の浸種を行い、30°C で 1 日間催芽して酸性水による発病抑制を調べた。また、対照の薬剤処理にはオキシリニック酸水和剤 200 倍液の 1 日間浸漬を用い、褐条病のみ酸性水浸漬を 25°C, 1 日間、浸種を 25°C, 2 日間とし、催芽中に容器を振とう培養器で振とうした。その結果、もみ枯細菌病の浸漬接種粗、開花期接種粗および自然感染粗を用いた試験では、酸性水処理による防除効果は認められず (表-1)、苗立枯細菌病の浸漬接種粗および開花期接種粗を用いた試験でも、酸性水処理は防除効果を示さなかった (表-2)。一方、褐条病の浸漬接種粗では酸性水処理の防除効果は認められたが、本処理は薬剤処理区より劣り、開花期接種粗では薬剤処理の効果が低く対照とするには不適であったが、無処理区と比較すると酸性水

の処理は防除効果を示した (表-3)。このように接種法の異なる粗では酸性水の効果が異なる場合があった。開花期接種粗は自然感染に近いとされている。このため今後の試験では開花期接種粗を使用した方が、実用的な防除効果を明らかにするには望ましいと考えられる。

#### IV 浸種中の酸性水の交換が防除効果に及ぼす影響

高橋ら (1996) は苗立枯細菌病接種粗で強酸化水 (pH 2.3) の交換回数が多いほど、また 1 回の交換であれば播種日に近いほど防除効果が高かったとしている。また、山下ら (1997) ももみ枯細菌病菌および苗立枯細菌病の接種粗では浸種中に酸性水 (pH 2.5) を複数回交換、特に催芽直前に交換することで高い消毒効果が認められたとしている。しかし、山下 (2002) はもみ枯細菌病開花期接種粗で浸種中に酸性水 (pH 2.0, 塩素濃度 200 ppm) を毎日交換した区、酸性水に浸漬して催芽直前に交換した区および水で浸漬して催芽時のみ酸性水で浸種した区の発病抑制効果を比較したが、いずれの区も防除価 80 以上で対照のオキシリニック酸・プロクロラズ水和剤とほぼ同等で、酸性水交換による防除効

果への影響は認めていない。ただし、この山下の試験では pH 2.0 でも塩素濃度を 25~200 ppm と変えて試験すると、25~100 ppm では毎日交換区以外、防除効果が不安定となり、pH 2.0 でも塩素濃度が低い場合は酸性水の交換が防除効果を安定化している。

これらのことは浸種中に酸性水の交換を行うことは、殺菌効果の高い酸性水では必ずしも必要ではないが、酸性水の pH が高い、塩素濃度が低いなど殺菌効果の低い酸性水を用いる場合には、有効であることを示している。なお、酸性水の pH は浸種中に緩やかに上昇し、塩素による殺菌効果は籾の浸漬処理中に塩素濃度が急速に低下するため持続しない(大森ら, 2000)。このため、浸種中の酸性水の交換は毎日行うことが望ましいが、回数を抑えたければ、催芽時に近い時期が有効と考えられる。

## V 酸性水の pH および塩素濃度が防除効果に及ぼす影響

高橋ら(1996)の試験結果はもみ枯細菌病および苗立枯細菌病に対する酸性水の防除効果には pH が強く影響し、塩素濃度の影響は少ないことを示している。一方、大森ら(2000)はもみ枯細菌病の開花期接種籾で試験を行い、浸種(10°C, 5日間)・催芽(32°C, 1日間)後の籾を破碎した試料で本病菌数を調査した。その結果、塩素濃度 200 ppm の酸性水は pH が 2.0~5.0 の範囲では pH が低いほど殺菌効果が高く、特に pH 2.0 は菌が検出限界以下まで減少することおよび pH 5.0 の酸性水では塩素濃度 200 ppm でも殺菌効果は低いことを明らかにした。一方、山下(2002)はもみ枯細菌病開花期接種籾を用い、苗による発病試験でこの検討を行った。その結果、浸種中の塩素濃度は 200 ppm で、pH 2.0 および pH 5.0 の酸性水を比較すると、酸性水の交換時期や回数にかかわらず、pH 2.0 の酸性水は薬剤処理と同等の高い防除効果を示し、pH 5.0 では防除効果は認められなかった。また、pH 2.0 の酸性水で塩素濃度を 25~200 ppm と変えた場合は、酸性水を毎日交換した区では塩素濃度にかかわらず高い防除率を示し、酸性水で浸漬して催芽直前のみ酸性水を交換した区および水で浸漬し催芽時のみ酸性水で浸漬した区では塩素濃度が低い場合、防除効果は不安定となった。

大森ら(2000)と山下(2002)は同一の機器により製造された酸性水を用いており、その結果もよく一致している。これらのことはもみ枯細菌病に対する酸性水の効果は主に低 pH により、pH 2.0 で特に効果が高いことを示している。

## VI 酸性水の温度が防除効果に及ぼす影響

40°Cの酸性水の細菌病害に対する防除効果を検討した。浴比は 1:10、酸性水の浸漬処理は浸種開始直前とし、40°Cで1日間浸漬後に蒸留水で15°C、3日間の浸種を行い、30°Cで1日間催芽した。ただし、褐条病では浸種を25°C、2日間とし、催芽中に容器を振とう培養器で振とうした。もみ枯細菌病感染籾に対する試験では、酸性水40°C処理の防除効果は浸漬接種籾では認められたが、開花期接種籾および自然感染籾では認められなかった(表-1)。また、苗立枯細菌病の浸漬接種籾および開花期接種籾を用いた試験では、酸性水40°C処理の防除効果は薬剤処理区(オキソリニック酸水和剤200倍液1日間浸漬)と同等であった(表-2)。さらに褐条病菌の浸漬接種籾では40°C処理の防除効果は認められたが薬剤処理区より劣った。また、開花期接種籾では薬剤処理の効果が高く、対照とするには不適であったため無処理区と比較したが、酸性水40°C処理は高い防除効果が認められた(表-3)。以上から苗立枯細菌病の浸漬接種籾および開花期接種籾、褐条病菌の開花期接種籾で酸性水の水温を40°Cにすることで防除効果の増強が認められた(園田ら, 2002)。

## VII イネの発芽に及ぼす酸性水の影響

高橋ら(1996)は酸性水の処理でイネの発芽への影響を認めていない。また、大森ら(2000)は健全籾(品種:コシヒカリ)に塩素濃度200 ppmでpHを2.0~5.0に変えた酸性水を用いて20°C、5日間浸種および32°C、1日間催芽処理を行った。その結果、pH 2.0では健全な発芽が全く認められず、pH 2.3では46%の発芽率、pH 2.6以上では発芽への影響が認められなかった。大森ら(2000)はこれらのことから塩素濃度より低pHが発芽に障害を与えるとした。また、彼らはこの発芽障害を回避し防除効果を確保するため、塩素濃度200 ppmの酸性水を用い、浸種中はpH 2.0で水温を10°Cにし、催芽時にpHを5.0のものに交換する方法が有効であると報じた。

一方、山下(2002)はpH 2.0、塩素濃度200 ppmの酸性水を用い、もみ枯細菌病開花期接種籾で10°C、5日間の酸性水浸種を行うと最も苗立数の多かった区に比べて苗立率は約25%低下し、苗立率に対する塩素濃度の影響は少なく、催芽時のみ酸性水処理による苗立率の低下は平均10%程度であったと報告した。

筆者らの用いた酸性水のpHは2.1であり大森らの使用したものに近い。しかし、酸性水処理は24時間と短

いため、苗立率への影響はほとんど認められず、40°Cの酸性水処理は薬剤処理区と比較して2~14% (平均6%)の苗立率の低下が認められたにすぎない (園田ら, 2002)。

これらの結果は pH 2.3 以下の酸性水に種子を浸漬する場合には発芽に影響のないように浸漬期間や浸漬温度に注意する必要があることを示している。

### おわりに

以上のように酸性水はイネもみ枯細菌病に対して条件が整えば十分な防除効果を有している。また、現時点で最も有望な使用法は pH 2.0, 塩素濃度 200 ppm の酸性水を催芽時 (32°C, 1 日間) に処理する山下 (2002) の方法である。さらに、塩素による殺菌効果は小さく補完的で、酸性水の殺菌効果の主体は低 pH で、低 pH はイネの発芽に悪影響を与える。なお、苗立ちを確保しつつ十分な防除効果を示す酸性水の物理化学的性状と処理条件については、特に境界領域と考えられる pH 2.1~2.3 前後では詳細な検討が必要である。苗立枯細菌病および褐条病に関しては有効な pH と塩素濃度の検討は不十分なものの、今までの事例からもみ枯細菌病と同程度の防除効果を期待できると考えられる。

高橋ら (1996) は糸状菌病害であるごま葉枯病の保菌種子の酸性水浸漬処理区では無処理区よりもごま葉枯病やほかの糸状菌病害が多く発生し、苗立数も著しく減少したと報じている。園田ら (2002) ももみ枯細菌病菌接種粒および苗立枯細菌病菌接種粒に対する酸性水処理に

より無処理より発病が増加した事例を報告している。これは酸性水の殺菌効果が不十分だったために、酸性水の非選択的な殺菌効果により病原菌に拮抗的な作用をもつ粒上の微生物が減少し、浸種中に病原菌が増殖したことによると推測される。酸性水の単独使用は殺菌効果が不十分だった場合、かえって病害の発生を助長する危険があるので留意する必要がある。

イネの種子伝染性病害には、いもち病やばか苗病のような重要な糸状菌病害も含まれている。酸性水は糸状菌病害に対する防除効果が低く (園田ら, 2000), この点を補うために酸性水処理と温湯浸漬や微生物農薬の組み合わせが考えられる。例えば温湯浸漬は糸状菌病害には高い防除効果を有するが、褐条病には防除効果が低く (江口ら, 2000), 温湯浸漬と酸性水処理を組み合わせることでお互いの欠点を補うことができる。すでに、褐条病およびもみ枯細菌病を対象に検討された報告もある (堀ら, 2003)。今後は酸性水とほかの方法を組み合わせた総合的な環境保全型種子消毒技術の確立を期待したい。

### 引用文献

- 1) 江口直樹ら (2000): 関東病虫研報 47: 27~29.
- 2) 堀 武志ら (2003): 第 55 回北陸病虫研講演要旨集 p. 3.
- 3) 大森敏弘ら (2000): 防菌防微 28: 485~491.
- 4) 園田亮一ら (2000): 日植病報 66: 276.
- 5) ———ら (2002): 関東病虫研報 49: 7~11.
- 6) 高橋義行ら (1996): 同上 43: 41~43.
- 7) 山下 亨 (2002): 今月の農業 46(7): 38~42.
- 8) ———ら (1997): 日植病報 63: 251~252.

### 好評の植物保護ライブラリー

イネいもち病を探る  
作物の病気を防ぐくすりの話  
虫たちと不思議な匂いの世界  
日本ローカル昆虫記  
ミクロの世界に魅せられて  
茶の効用と虫の害  
リンゴ害虫の今昔

各冊とも B6 判 定価 1,326 円税込み (本体 1,263 円)

口絵 2 頁+本文 174 頁 小野小三郎 著 (送料 240 円)

本文 121 頁 上杉 康彦 著 (送料 240 円)

本文 187 頁 玉木 佳男 著 (送料 240 円)

本文 220 頁 今村 和夫 著 (送料 310 円)

本文 221 頁 後藤 正夫 著 (送料 310 円)

本文 166 頁 刑部 勝 著 (送料 240 円)

本文 270 頁 奥 俊夫 著 (送料 310 円)

お申し込みは直接当協会へ、前金 (現金書留・郵便振替) で申し込むか、お近くの書店でお取り寄せ下さい。

社団法人 日本植物防疫協会 出版情報グループ 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11

郵便振替口座 00110-7-177867 TEL (03)3944-1561(代) FAX (03)3944-2103 メール: order@jppa.or.jp