

強酸性電解水利用による 収穫後のアスパラガス腐敗抑制

秋田県農林水産技術センター農業試験場 ^{ふじ}藤 ^い井 ^{なお}直 ^や哉

はじめに

秋田県においてアスパラガスは水田転作作物の一つとして力を入れており、作付面積も拡大している。主な作型としては5月上旬から9月にかけて収穫する露地長期どり栽培と、露地で1年間養成した根株を掘り上げてハウス内につくった温床に伏せ込み、加温して冬期に収穫する促成栽培とがある。その露地長期どり栽培において収穫したアスパラガスの茎先端部が軟化・腐敗する通称「とろけ症」が見られ問題となっている。本症状は出荷後市場に並ぶまでの間に発生するポストハーベスト病害であるため早期の発見は困難であり、市場からの返品や販売価格の低下を招き産地拡大の大きな障害となっている。同様の症状を呈する病害はネギ（守川ら、2001）やニラ（平子ら、2000）で報告されており、いずれも細菌が関与している。このため、細菌による病害である可能性が高いと考えて試験を行った。

試験場に持ち込まれたアスパラガスの腐敗部と健全部の境界から菌の分離を行い、分離された菌株の接種試験と再分離によって、本病が *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* に起因する腐敗性病害であると報告した（藤井ら、2002）。ここでは、本症状の病徴、病原菌の分離、病原性、発生温度条件の検討、および強酸性電解水を利用して腐敗防止を行ったので紹介したい。なお、本技術の現地実証に当たり、大仙市実証地区生産者の方々、仙北地域振興局普及指導課、JA 並びに電解水生成装置の設置・調整には（株）三浦電子など、多くの関係者のご協力によるところが大きい。記して、謝意を表する。

I アスパラガス軟腐病

1 病徴

本症状の発生は、露地長期どり栽培において7月から8月の高温多湿期に収穫したものに認められる。収穫・集荷・選果・選別時には健全に見えたアスパラガスが、市場到着時には茎先端部で腐敗が認められ、悪臭を放

つ。先端部分のみの腐敗であり、25℃、多湿状態に保つと腐敗は急速に進展した（図-1）。また、病勢が甚だしいものでは病斑からの菌泥の流出が認められた。

2 病原菌の分離と同定

2000年に農業試験場に持ち込まれたアスパラガスの腐敗部と健全部の境界から組織小片を切り取り、常法どおり菌の分離を行った。分離した60菌株をアスパラガス茎に接種したところ、11菌株で24時間後から水浸状の軟化が始まり、48時間後には腐敗部の崩壊が認められた。腐敗部からは軟腐病特有の腐敗臭があった。分離細菌は、円形で白色のコロニーを形成し、グラム陰性、O-F試験はF型で、ジャガイモ塊茎を腐敗させ、硝酸塩の還元は陽性、インドール産生とレシナーゼ活性が陰性であり、40℃下での生育状況、その他約60項目にわたる調査結果から分離細菌を *E. carotovora* subsp. *carotovora* (JONES 1901) BERGEY et al. 1923 と同定し、本菌によるアスパラガスの茎に発生する腐敗性病害の病名を「軟腐病」と命名した（藤井ら、2002）。

3 温度と発病の関係

軟腐病は夏季の高温多湿な気象条件で発生しやすいことから、また病勢の伸展が極めて速いことから、温度と時間



図-1 アスパラガスの腐敗症状
左が中期症状、右が末期症状

Inhibition for Bacterial Soft Rot in Harvested Asparagus Using
Acidic Electrolyzed Water. By Naoya FUJII

(キーワード：アスパラガス、強酸性電解水、浸漬処理、軟腐病、腐敗)

表-1 接種後の温度と時間がアスパラガス軟腐病の発病に与える影響

A アスパラガス軟腐病の発生と温度との関係 (定温条件)

温度 (℃)	時間 (hr)									
	12		24		36		48		72	
	発病率	発病度 ^{a)}	発病率	発病度	発病率	発病度	発病率	発病度	発病率	発病度
30	60	15	100	50	100	85	100	85	100	90
25	40	10	60	30	100	80	100	90	100	95
20	40	15	60	35	80	60	100	65	100	90
15	0	0	20	5	20	10	20	15	60	40
10	0	0	0	0	20	5	20	10	20	15
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

^{a)} 発病度=(発病程度別株数×指数)×100/(調査株数×4), 発病指数; 0:無発病, 1:病斑位置が先端部のみ, 2:同先端から1/3まで, 3:同先端から1/2まで, 4:同先端から1/2以上.

B アスパラガス軟腐病の発生と温度との関係 (変温条件)

前培養温度 ^{a)} (℃)	前培養時間 (hr)	後培養時間 (hr) ^{b)}			
		12	24	48	72
30	3	0 ^{c)}	0	0	0
	6	0	0	0	0
	12	20	20	20	40
25	3	0	0	0	0
	6	0	0	0	0
	12	0	0	20	40

^{a)} 前培養: 接種後の培養, ^{b)} 後培養: 前培養後の培養, 5℃で培養. ^{c)} 発病基率 (アスパラガス茎5本/区).

が発病に与える影響を調査した(藤井ら, 2003)。10⁸ cfu/ml の濃度に調製した本病菌の菌液にアスパラガス茎の先端部を浸漬し, 定温 (5, 10, 15, 20, 25, 30℃で12, 24, 48, 72時間のすべての組み合わせ), あるいは変温条件下 (25℃あるいは30℃で3, 6, 12時間経過後5℃で12, 24, 48, 72時間のすべての組み合わせ) で高湿度の恒温器内に貯蔵後, 発病程度を調査した。その結果, 定温条件の中で20℃以上では接種後12時間で発病が認められ, 病勢の進展も急速であったが, 5℃では72時間保持しても発病は認められなかった(表-1, A)。また, 変温条件では25℃あるいは30℃で3~6時間保持した後5℃で貯蔵した場合は発病が認められなかったが, 25℃あるいは30℃で12時間保持したものを5℃で貯蔵した場合は発病が認められた(表-1, B)。このため, アスパラガス軟腐病は高温多湿条件であるほど病勢進展は急速であり, 夏季に収穫されたアスパラガスが長時間(12時間以上)高温にさらされることがあると, その後冷蔵しても発病する可能性が高まることが考えられた。産地における収穫作業が最も集中する7月から8月にかけては, 収穫は朝と夕方の1日2回行われ,

夕方収穫したアスパラガスは翌日朝収穫したものと合わせて出荷されるまで室温保管される場合もあり, 発病を助長する危険性があるといえる。

II 強酸性電解水によるアスパラガスの腐敗抑制

1 強酸性電解水の性状

アスパラガスの軟腐病は収穫後に発生するため, 農薬残留の面から農薬による対策は困難である。このため, 食品加工分野(泉, 2003)や医療分野(高橋, 2003)で既に実用されており, 2002年6月に食品添加物(殺菌料)として指定(厚生労働省告示第212号)されている強酸性電解水を利用した腐敗抑制を試みた(藤井ら, 2003)。食品添加物としての強酸性電解水(以下酸性水と略す)は, 0.2%以下の塩化ナトリウム水溶液を有隔膜電解槽内で電解して陽極側に得られる無色で酸性の水溶液であり, pH 2.7以下で, 有効塩素濃度20~60 ppmを含むものを指す。一般に酸性水の殺菌効果は有効塩素濃度に比例し, 有効塩素濃度40 ppmで0.1%次亜塩素酸ナトリウムと同等の活性を有する(強電解水企業協議

会, 2002)。本試験の酸性水もこの規格に準じたものを使用した。酸性水は隔膜式の生成器であるオキシライザー OCX-10M（三浦電子製, 図-2）を用いて生成し、使用直前に pH, 残留塩素濃度を測定した。

2 強酸性電解水の軟腐病菌に対する殺菌効果

酸性水（pH 2.4 ～ 2.5, 残留塩素濃度約 30 ppm）の本病菌に対する直接的な殺菌効果を検討した。酸性水と本菌の懸濁液（ 1×10^5 cfu/ml）を 1：1 の割合で混合し、その直後（0 秒）、10 秒および 30 秒後に Nutrient agar 培地上にそれぞれ塗抹して 25℃ で 48 時間培養後、コロニー形成の有無を観察した。また、植物の表面に付着した病原菌に対する影響を調べるために市販のアスパラガスの先端部を本菌の懸濁液（ 1×10^8 cfu/ml）に浸した後に針（1 本）で付傷接種し、それから 1 時間後に強酸性水（pH 2.5 ～ 2.7, 塩素濃度約 30 ppm）、あるいは滅菌蒸留水に 30 秒間浸漬処理し、その後湿度 90% 以上に保ったプラスチックケース（長さ 180 × 幅 90 × 高さ 45 mm）に並べ、28℃ で 72 時間静置した。なお、これらの浸漬処理にはアスパラガスを 5 本供試し、2 反復で行った。

その結果、酸性水と本病菌との混合直後（0 秒間）、混合 10 秒間処理ではコロニー形成が認められたが、30 秒間処理では全く認められなかった（表-2）。また、

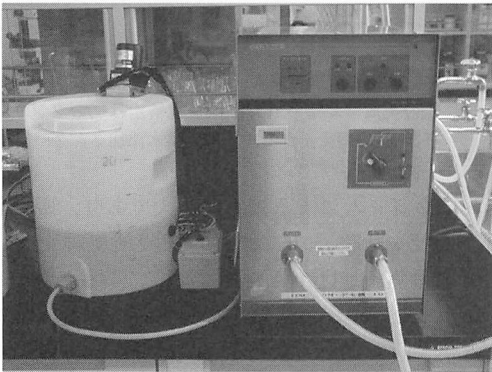


図-2 試験に使用した電解水生成器

表-2 アスパラガス軟腐病菌に対する強酸性電解水の影響

	強酸性電解水と軟腐病菌の混合時間（秒）		
	0（混合直後）	10	30
強酸性電解水	+ a)	+	-
滅菌蒸留水	+	+	+

注) 強酸性電解水は pH 2.45, 有効塩素濃度は約 30 ppm. a) 培地上での 48 時間培養後のコロニー形成の有無を示す。+：あり, -：なし。

軟腐病菌を接種したアスパラガスは無処理あるいは蒸留水処理後 12 時間で腐敗が始まり、処理後 48 時間ですべてのアスパラガスで腐敗が認められた。一方、強酸性電解水に 30 秒間浸漬処理したところ、処理後 72 時間経過しても腐敗は全く認められず、無処理および蒸留水処理に比べて腐敗抑制効果が高いことが確認された（図-3）。この結果に基づき、図-4 の酸性水浸漬処理の手順を設定した。なお、処理に用いる酸性水の量は図-4 では 2 ～ 5 倍量としているが、あくまでも目安であり、随時 pH と有効塩素を測りながら処理するのが望ましい。

3 圃場での収穫後における強酸性電解水の利用

アスパラガスを酸性水に浸漬処理する方法が、栽培から出荷までの過程において実用性があるかを検討するために、秋田県農業試験場内の圃場並びに県内のアスパラガス栽培地域で実証試験を行った。

(1) 試験場圃場における試験

2003 年 5 月 17 日～ 9 月 13 日にかけて、当場内の露地長期どり栽培を行っている圃場 4a で収穫したアスパラガス（品種：ウェルカム、定植後 3 年目）を図-4 の手順に従い、試験期間中に合計 25 回浸漬処理を行った。風乾後、発泡スチロール製のケース（長さ 280 × 幅 145 × 高さ 170 mm）内に立てて詰め、インキュベータ

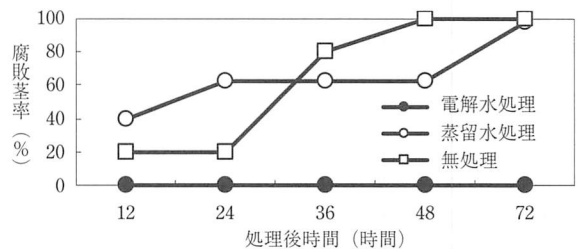


図-3 軟腐病菌を接種したアスパラガスに対する強酸性電解水浸漬処理の腐敗抑制効果

注) 強酸性電解水：pH 2.5, 有効塩素濃度約 30 ppm.

収穫（収穫後 1 ～ 2 時間以内に電解水浸漬処理を行う）

↓

2 ～ 5 倍量の強酸性電解水に浸漬（約 30 秒間、強酸性電解水は生成後 24 時間以内に使用し、pH, 有効塩素濃度を確認しながら処理する）

↓

水洗（飲用水道水使用）・水切り

↓

風乾（重ならないように並べ、乾きにくい場合は扇風機などで送風する）

↓

予冷（出荷）

図-4 強酸性電解水浸漬処理の作業手順

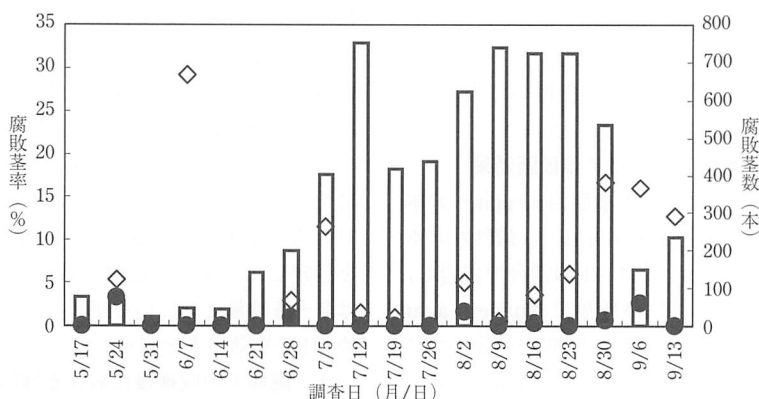


図-5 強酸性電解水浸漬処理によるアスパラガスの腐敗抑制効果析

図中の●は強酸性電解水浸漬処理の腐敗茎率、◇は無処理の腐敗茎率を示す。期間中の総腐敗茎数は、強酸性電解水処理で3,195本中12本(0.4%)、無処理で3,170本中146本(4.6%)。

一内で温度28℃、湿度90%以上に保ち、72時間後にアスパラガスの腐敗の有無を調査した。なお、酸性水は前述の装置を用いて浸漬処理直前に生成した。

試験期間中を通して収穫したアスパラガスの腐敗が見られたが、全収穫茎に対する腐敗茎の割合は無処理区で4.6%であるのに対して酸性水浸漬を行った場合では0.4%と1/10以下に抑えられた(図-5)。実際の生産現場よりも腐敗が発生しやすい条件下での試験であったが、酸性水の高い腐敗抑止効果が確認された。

(2) 生産現場における実証

2003年8月9日～9月26日に秋田県仙北郡A村(現大仙市)の10農家圃場(合計2ha、定植後3年目)で収穫したアスパラガスを図-4に示した手順に従い、酸性水による浸漬処理を行った後に出荷した。実証に先立ち、浸漬作業を行う生産者に対して講習会を開き、作業手順の説明などを行った。電解水生成器は、A村内にある集荷所近くのJA支所に設置し、各生産者が持参したタンクに酸性水を採水して持ち帰り(図-6)、出荷前に浸漬処理を行った。酸性水のpHや有効塩素濃度は簡易試験紙により採水前にチェックを行った。酸性水の腐敗抑制効果は、関東の市場に出荷したアスパラガスの腐敗に対するクレーム(苦情)数で評価した。クレーム状況は管轄するJAあるいは仙北地域振興局農林部に聞き取りを行い調査した。同時に、酸性水の浸漬処理を行っていない仙北郡のB町(現大仙市70戸、20ha)でも聞き取りを行った。

2002年には、A村、B町ともに強酸性電解水での浸漬処理を行っていないため、それぞれ5回のクレームがあった(表-3)。特にA村では10戸という栽培規模を

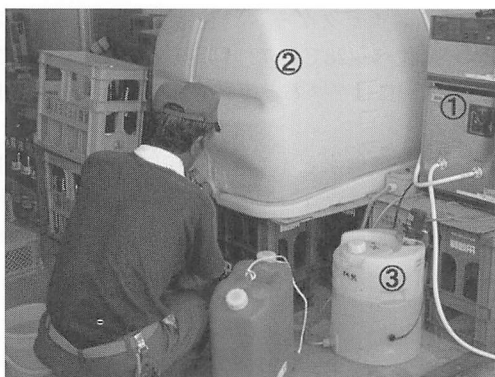


図-6 強酸性電解水の採水

①の生成器で造られた強酸性電解水は②のタンク(500l)に蓄えられる。③は食塩水添加タンク。

考えればクレームによる被害は甚大であり、販売価格の低下を招いた。一方、酸性水で浸漬処理を行った2003年には実証地区のA村では腐敗によるクレームは全くなかったが、浸漬処理を行っていないB町ではクレームが3回あった(表-3)。以上のことから、図-4の手順に示すような収穫後のアスパラガスを酸性水で処理する方法は出荷後の腐敗を効果的に抑制できる可能性が高く、実用性が高いと思われる。

試験場圃場と生産現場いずれの酸性水浸漬処理においてもアスパラガスに対する変色などの薬害は認められず、また作業従事者からの臭いなどの苦情はなかった。

4 強酸性電解水を利用するに際しての注意点

基本的な注意点は強電解水企業協議会から発行されているマニュアル(強電解水企業協議会, 2002)が参考となるが、生産現場における使用上の注意点を以下に挙げ

表-3 強酸性電解水の浸漬処理の有無によるクレーム発生数の違い

栽培戸数 (面積)	浸漬処理の有無			
	無 (2002 年)		有 (2003 年)	
	クレーム数	ロット数	クレーム数	ロット数
仙北郡 A 村 (実証地区) 10 (2 ha)	5 回	31	0 回	29
仙北郡 B 町 (参考地域) 70 (20 ha)	5 回	31	3 回	29

実証地区および参考地域ともに 2006 年現在市町村合併によって大仙市
となっている。

る。(1)浸漬処理には電解質として 0.2%以下の塩化ナトリウム水溶液を電気分解して得られる pH 2.5 以下、有効塩素濃度 30 ppm の食品添加物である酸性水を用いる。(2)傷があるアスパラガスでは酸性水の効果が低いので処理前に除く。(3)汚れたアスパラガスは浸漬処理前に洗浄する。(4)処理・水洗後の風乾は十分に行う。(5)酸性水を処理した場合でも鮮度保持のために収穫後の保管、輸送は低温を維持する。

5 今後の問題点

今回、すべての腐敗抑制試験で酸性水を容器に溜めて使用しているが、殺菌効果の安定性から見ると生成した酸性水を流水状態で使用するのが望ましい。しかし、生産現場で利用しうる生成能力 (3 l/分以上) をもつ生成器の価格は試験当時から比べると安くなったとはいえ、個々の生産者が導入するには依然として高価である。現段階では、複数の生産者が共同で購入し、利用することによってコストを下げるのが可能だろう。

おわりに

生産現場では、これまでアスパラガスの収穫後の腐敗を防ぐために傷のあるものを収穫しないこと、圃場衛生管理あるいは選果・出荷段階での取り扱いに注意するといった対策が行われてきた。しかし、それらは十分とは

いえず、しばしば腐敗による価格低下によって産地のイメージ低下を招いてきた。酸性水を利用した腐敗抑制技術は、アスパラガスの安定生産の一助になりうる。なお、浸漬時間などの検討は必要であるが、本方法はアスパラガス以外にも収穫後に発生する生鮮野菜類の腐敗に対して効果が期待できる。

今回アスパラガスの腐敗抑制に用いた酸性水は食品添加物としての指定されたものであり、厨房器材の消毒やカット野菜の殺菌・洗浄に食品加工分野では既に導入されている。一方、農業分野における酸性水の位置は、特定農薬 (通称: 特定防除資材) としての申請中であるため、農薬としての使用はできないのが現状である。しかし、化学合成農薬の使用量の削減が強く求められているなか、酸性水に対する期待は大きい。

引用文献

- 1) 泉 秀実 (2003): 防菌防黴 31: 379 ~ 384.
- 2) 強電解水企業協議会 (2002): 強酸性電解水使用マニュアル (食品添加物 強酸性次亜塩素酸水用) 強電解水企業協議会事務局, 東京, 35 pp.
- 3) 藤井直哉ら (2002): 北日本病虫研報 53: 80 ~ 84.
- 4) ———ら (2003): 同上 54: 206 (講要).
- 5) ———ら (2004): 同上 55: 75 ~ 77.
- 6) 守川俊幸ら (2001): 北陸病害虫研報 49: 23 ~ 30.
- 7) 平子喜一ら (2000): 北日本病害虫研報 51: 47 ~ 50.
- 8) 高橋泰子 (2003): 防菌防黴 31: 632 ~ 633.

登録が失効した農薬 (18.9.1 ~ 9.30)

掲載は、種類名、登録番号: 商品名 (製造者又は輸入者) 登録失効年月日

「殺虫剤」

- ピリダフェンチオン・BPMC 粉剤
15177: オフナックバッサ粉剤 DL (協友アグリ) 2006/9/1
- MPP 油剤
16840: ファインケム油剤 D (東京ファインケミカル) 2006/9/1

●EPN 乳剤

- 17900: アグロス EPN 乳剤 (住友化学) 2006/9/6
- BT 水和剤
20590: ツービット DF (バイエルクロップサイエンス) 2006/9/6

(54 ページへ続く)