

特集：ウリ科野菜果実汚斑細菌病

ウリ科野菜における果実汚斑細菌病の防除を目的とした種子消毒法

ナント種苗株式会社 ^{はら}原 ^{かず}一 ^{あき}晃
 野菜茶業研究所 ^{くぼ}窪 ^た田 ^{まさ}昌 ^{はる}春

はじめに

果実汚斑細菌病の原因である *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (以下 Aac) は、ウリ科植物に広く感染して発病させることが知られている (WEBB and GOTH, 1965; SOWELL and SCHAAD, 1979; RANE and LATIN, 1992; LATIN and HOPKINS, 1995; 白川ら, 2000 a)。本病菌は主に種子伝染し、海外から輸入された種子からの伝染が国内での発生原因と考えられている (白川, 2005)。また、我が国のウリ科野菜は、一般的に育苗後の苗を本圃に移植する栽培方法が取られており、ユウガオ、カボチャ、トウガン等の台木を用いた接ぎ木栽培も広く行われている。そのため、接ぎ木や頭上灌水等の作業、高温多湿条件下での育苗管理により、広範囲に第二次伝染することが知られており、その場合、被害は甚大となる (野村・白川, 2001; 白川, 2003)。さらに、無病徴の状態を保菌することが懸念されており、採種栽培で保菌に気付かず汚染種子を生産すると、被害を拡大させることになる。これらのことから、本病害のさらなる国内への侵入および定着が警戒されており、効果的な種子消毒技術の確立が急務である。

これまで本病に対して、スイカでは、各種薬剤液への浸漬処理 (化学的処理)、乾熱処理および温湯処理 (物理的処理)、それらの組合せ処理が検討され、高い消毒効果を認めている (白川ら, 2000 b; 野村・白川, 2001; 白川, 2003)。一方、他のウリ科野菜種子に対する消毒効果の試験例は少ない。そこで、Aac 人工汚染種子を用いて、薬剤液浸漬処理や乾熱処理、さらに、間欠温湯処理 (温湯と冷水浸漬を交互に繰り返す処理) の種子消毒効果を検討し、新たな知見を得たので紹介する。なお、本稿の内容は農林水産省の競争的研究資金である新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「ウリ科野菜果実汚斑細菌病の日本への侵入・定着防止技術の

開発 (平成 18 ~ 20 年度)」で得られた成果の一部である。

I 化学的種子消毒法の効果と発芽に与える影響

これまで本病に対して、有機酸、抗生物質、過酢酸等の薬剤浸漬でそれらの効果が検討されてきた。スイカでは、0.5M 酢酸あるいは 0.5M リンゴ酸への 30 分以上の浸漬で、高い消毒効果が報告されている (白川ら, 2000 b; 白川, 2003)。また、細菌病に登録のある農薬への浸漬処理において、オキシテトラサイクリンを含む抗生物質で好結果が得られている (野村・白川, 2001)。さらに、過酢酸への浸漬処理で高い消毒効果の報告があり (HOPKINS and THOMPSON, 2003)、海外では実用化されている。一方、Aac 接種株や汚染種子の播種時における消毒効果が報告されている薬剤がある。銅水和剤は、古くから細菌性病害に消毒効果を示すことが広く知られており、加藤・菊池 (2000) は、Aac を人工接種したスイカ苗でその効果を報告している。また、アスコルビン酸は、pH 低下による制菌作用とそれ以外の要素が殺菌に関与しており (村田ら, 1991)、メロンの人工汚染種子の播種時におけるアスコルビン酸灌注処理試験で、高い防除効果が報告されている (草野ら, 2009)。これらの報告より、両薬剤の Aac 汚染種子への効果も期待できた。そこで、筆者らは各種薬剤液に対する人工汚染種子の浸漬処理によりそれらの消毒効果を検討した。また、これと同時に各薬剤の発芽への影響についても調査した。

銅水和剤は、酸性溶液中で遊離する銅イオン量が増大することが知られており、酢酸と銅水和剤の混合液を用いた。0.01M 酢酸と 500 倍希釈の銅水和剤の混合溶液処理は、スイカ、メロン、ユウガオで高い防除価を示したが、カボチャ (大粒)、トウガンでは、それらに比べて防除価が劣った。(表-1-1)。1.6 g/l の過酢酸処理は、スイカ、メロン、ユウガオ、トウガンで防除価が高いが、カボチャ (大粒) で劣った (表-1-1)。一方、これらの発芽に対する影響は小さかった (表-1-3)。オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤 125 倍希釈溶液、オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン・銅水和剤 50 倍希釈溶液の処理は、両薬剤ともスイ

Seed Disinfection for Preventing Bacterial Fruit Blotch of Cucurbits. By Kazuaki HARA and Masaharu KUBOTA

(キーワード：果実汚斑細菌病, 種子伝染, 化学的種子消毒法, 物理的種子消毒法, 組合せ処理)

表-1-1 各種薬剤液浸漬処理の防除価^{b)}

品目 ^{a)}	銅・酢酸 (500倍・0.01M)	過酢酸 (1.6g/l)	オ・ス水和剤 ^{c)} (125倍)	オ・ス・銅 水和剤 ^{d)} (50倍)	酢酸 (0.5M)	アスコルビン酸 (0.5M)	銅・アスコルビン酸 (500倍・0.5M)
スイカ	95.8	97.9	98.3	96.9	100	100	—
メロン	91.1	98.4	98.7	98.7	—	—	—
カボチャ	53.9	68.0	90.3	96.5	88.3	85.2	—
ユウガオ	100	100	— ^{e)}	—	—	—	—
トウガン	84.0	93.0	—	—	—	—	100

表-1-2 各種薬剤液浸漬処理の発芽勢^{f)}

品目 ^{a)}	銅・酢酸 (500倍・0.01M)		過酢酸 (1.6g/l)		オ・ス水和剤 ^{c)} (125倍)		オ・ス・銅 水和剤 ^{d)} (50倍)		酢酸 (0.5M)		アスコルビン酸 (0.5M)		銅・アスコルビン酸 (500倍・0.5M)	
	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理
スイカ	12.0	20.0	45.0	45.0	36.0	38.0	45.0	7.0	71.0	26.0	71.0	87.0	—	—
メロン	— ^{e)}	—	—	—	99.0	100	99.0	99.0	—	—	—	—	—	—
カボチャ	—	—	—	—	80.0	5.0	83.0	29.0	9.0	5.0	82.0	16.0	—	—
ユウガオ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
トウガン	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表-1-3 各種薬剤処理の発芽率^{g)}

品目 ^{a)}	銅・酢酸 (500倍・0.01M)		過酢酸 (1.6g/l)		オ・ス水和剤 ^{c)} (125倍)		オ・ス・銅 水和剤 ^{d)} (50倍)		酢酸 (0.5M)		アスコルビン酸 (0.5M)		銅・アスコルビン酸 (500倍・0.5M)	
	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理
スイカ	97.0	97.0	100	98.0	100	93.0	97.0	97.0	100	93.0	100	97.0	—	—
メロン	99.0	99.0	88.0	88.0	94.0	98.0	94.0	90.0	—	—	—	—	—	—
カボチャ	100	99.0	100	100	100	96.0	100	99.0	99.0	88.0	100	100	—	—
ユウガオ	98.0	100	99.0	100	— ^{e)}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
トウガン	99.0	99.0	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100

^{a)} 供試品種は、スイカ‘夏誉’、メロン‘シャロン’、カボチャ(大粒)‘アクア新土佐’、ユウガオ‘FR-ダントツ’およびトウガン‘ライオン冬瓜’。^{b)} 防除価は次の計算式により求めた。防除価 $= (a - b) / a \times 100$ 、a: 無処理区の発病株率、b: 処理区の発病株率。^{c)} オ・ス水和剤は、オキシトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤の略。^{d)} オ・ス・銅は、オキシトラサイクリン・ストレプトマイシン・銅水和剤の略。^{e)} —は調査なし。^{f)} 発芽勢は播種後4日目に調査した。^{g)} 発芽率は播種後7日目に調査した。

カ、メロン、カボチャで高い防除価を示した(表-1-1)。これらの発芽への影響は、メロンで小さいが、スイカ、カボチャで発芽率または発芽勢を低下させた。(表-1-2, 1-3)。0.5M 酢酸または0.5M アスコルビン酸の処理は、スイカでは極めて高い防除価を示したが、カボチャではやや低かった(表-1-1)。発芽への影響に関しては、酢酸はスイカ、カボチャで発芽率または発芽勢を低下させ、アスコルビン酸はスイカへの影響は小さいが、カボチャで発芽勢を低下させた(表-1-2, 1-3)。トウガン種子に対する、銅水和剤500倍と0.5M アスコルビン酸混合液処理は、防除価が極めて高く、発芽に対する影響は認めなかった(表-1-1, 表-1-3)。

これらの結果から消毒効果が高く、発芽への影響が小さい薬剤は、スイカ、メロン、ユウガオでは、銅・酢酸混合液と過酢酸が共通していた。また、スイカではアスコルビン酸が、メロンでは、オキシトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤とオキシトラサイクリン・ストレプトマイシン・銅水和剤処理も有効と考えられた。さらに、トウガンでは、発芽勢は調査していないが、過酢酸と銅・アスコルビン酸混合液処理が有効と考えられた。一方、カボチャ(大粒)種子では、抗生物質を除く各薬剤の防除価が他の品目の場合に比べ劣る傾向を示した。この原因としては、他の品目の種子に比べ表面積や体積が大きいいため、Aacが表面や内部にも多数存在し

たことが考えられた。しかし、オキシテトラサイクリンとストレプトマイシンを含む抗生物質は、野村・白川(2001)がスイカで行った試験結果と同様、カボチャ(大粒)では発芽に問題があるものの、高い消毒効果を示した。

なお、現在、銅水和剤(商品名:野菜類種子消毒用ドイツボルドーA, 500~1,000倍希釈液, 食酢希釈液で調整)が、果実汚斑細菌病, かいよう病, 斑点細菌病, 黒腐病等の種子伝染性病害用として農薬登録されており, 本病害に使用できる。しかし, 銅・食酢(有効成分は酢酸)以外の処理薬剤は適用外であるので注意されたい。

II 物理的種子消毒法の効果と発芽に与える影響

一般的に物理的種子消毒法として, 乾熱処理と温湯処理が用いられている。乾熱処理は, キュウリ斑点細菌病(梅川・渡辺, 1978), キャベツ黒腐病(塩見, 1991)等野菜の細菌性病害, ユウガオつる割病(長井・竹内, 1975; 国安・中村, 1978; 竹内ら, 1978), スイカ炭疽病(長井・竹内, 1975)等ウリ科野菜の糸状菌による病害などに対して, その消毒効果が報告されている。本病に対しては, スイカ種子で0.5Mの酢酸溶液30分間浸漬後, 乾燥種子を85℃で5日間以上あるいは, 80℃で7日間以上の乾熱処理を行う組合せ処理が高い消毒効果を示している(白川ら, 2000b; 白川, 2003)。一方, 温湯処理はトマトかいよう病(FAMI and SCHAAD, 1991), キュウリ斑点細菌病(梅川・渡辺, 1978), アブラナ科黒腐病(SCHAAD et al, 1980)等野菜の細菌性病害に対し

て, その消毒効果が認められている。また, 本病に対しても, 野村・白川(2001)がスイカで人工汚染種子を用いた54~56℃の連続処理試験を報告している。

そこで, 筆者らはスイカ以外のウリ科野菜の人工汚染種子を用いて乾熱処理および温湯処理の本病に対する有効性を検討した。その結果, 乾熱処理では, メロンは80℃で7日間, 85℃で3~7日間, 90℃で1~4日間, 95℃で1~3日間, キュウリは80℃で7日間, 85℃または90℃で3~5日間, 95℃で1日間, カボチャ(小粒)は85℃で3~5日間, 95℃で1日間, トウガンは85℃で7日間の処理で, 発病がなく発芽にも影響はなかった(図-1)。しかし, カボチャ(大粒)およびユウガオでは, 発芽率を低下させずに完全な消毒が可能な処理条件を見いだすことができなかった(図-1)。温湯処理に関してスイカでは, 52℃で40分間の連続処理, または52℃で10分間, 15℃で10分間の間欠温湯処理4回で, トウガンでは, 55℃の連続処理40分間または, 55℃で10分間の間欠温湯処理4回で発病を認めず, 発芽に対する影響もほとんどなかった。一方, カボチャ(大粒)では, 連続処理と間欠処理のいずれでも発病は完全には抑えられなかった。しかし, 同一積算処理時間では連続処理よりも間欠処理のほうが高い消毒効果を示した。発芽はやや遅延する傾向があった。

メロン, キュウリおよびカボチャ(小粒)での有効な乾熱処理条件はいずれも80℃以上であり, 緑斑モザイクウイルス防除(75℃の3日間)にも同時に有効と考えられるが, 乾熱滅菌装置の機種によっては80℃以上の

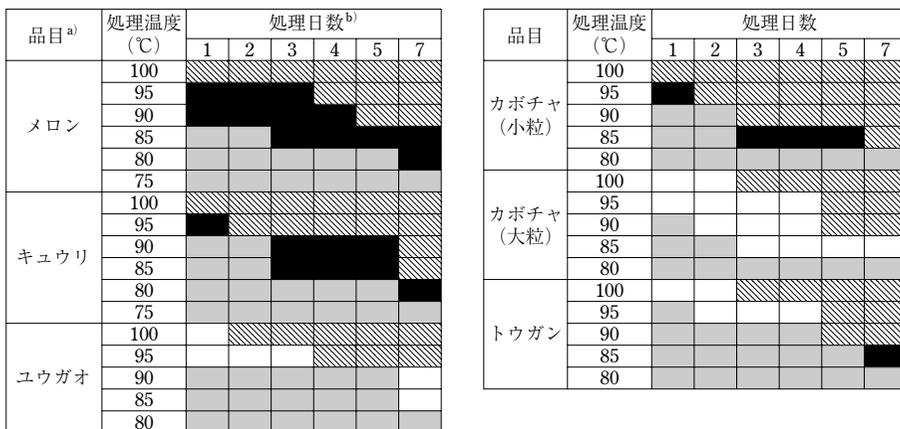


図-1 乾熱処理の消毒効果と処理が発芽に与える影響

a) 供試品種は, メロン‘アンデス’, キュウリ‘北進’, ユウガオ‘さきがけ’, カボチャ(小粒)‘小菊’, カボチャ(大粒)‘節成芳香’, トウガン‘ライオン冬瓜’。

b) : 完全に消毒, 発芽障害あり : 完全に消毒, 発芽障害なし(実用条件). : 消毒不完全, 発芽障害あり : 消毒不完全, 発芽障害なし.

温度帯に対応できない場合もあり、実用面での問題が残った。

カボチャ（大粒）に関して、乾熱処理、温湯処理いづれも上述の化学的種子消毒法と同様、発病を完全には抑えられなかった。なお、乾熱処理を行う際、種子の含水量が高い場合、奇形葉などの発芽障害が生じる危険性がある。後述の薬剤液浸漬との組合せ処理も含め、乾熱処理の前に、含水量5%未満を目安として、40℃程度で1～数日間の予備乾燥が必要である。

III 物理的種子消毒法と化学的種子消毒法の組合せ処理による消毒効果と発芽に与える影響

これまで、Aac に対してスイカ種子では0.5Mの酢酸溶液30分間浸漬後、乾燥種子を85℃で5日間以上あるいは、80℃で7日間以上の乾熱処理を行う組合せ処理において高い消毒効果が得られており、作用機構の異なる消毒法を組合せることにより、種子表面および種子内部の病菌に効率的に作用するためと考えられている（白川，2003）。このため、他のウリ科野菜種子でも薬剤液浸漬処理と乾熱処理を組合せることで、より高い消毒効果が期待される。さらに、より低温条件下でも消毒効果が高く、しかも発芽への影響がより小さくなると期待される。また、上述の化学的または物理的種子消毒を単独で用いた場合、完全消毒が困難であったカボチャ（大粒）などの大型種子には、両者の組合せ処理が有効であることが期待される。

そこで、筆者らは人工汚染種子を用いて薬剤浸漬処理および乾熱処理、あるいは間欠温湯処理との組合せ処理の消毒効果について検討した。その結果、銅水和剤と酢酸混合液浸漬と乾熱処理の組合せ処理では、メロンとトウガンで発病を認めず、発芽率にも影響がない条件を見

いだせた（表-2）。一方、アスコルビン酸浸漬と間欠温湯処理の組合せ処理は、カボチャ（大粒）において発芽率はやや低下するものの発病を認めない条件を見いだせた（表-2）。

以上の結果から、薬剤液浸漬処理（化学的処理）と加熱処理（物理的処理）の組合せにより、高い種子消毒効果が得られることが、スイカ以外のウリ科野菜種子でも確認された。特に、メロン、トウガン種子で効果が高かった銅水和剤・酢酸混合液処理と70～75℃の乾熱処理との組合せは、処理による発芽障害もなく処理温度も実用的である。また、アスコルビン酸浸漬と間欠温湯処理によりカボチャ（大粒）でも完全消毒の結果が得られたことは、非常に大きな成果であり、アスコルビン酸の農薬登録が行えれば、これらの組合せ処理は将来に期待できる方法と言える。

IV 現時点における作物別および用途別の種子消毒とその考え方

種子はその用途により、一般栽培に用いる販売用種子と販売用種子の生産に用いる原種・原原種に、区別することができる。本特集の別稿で説明しているように、一般的に病原菌をもたない健全種子生産のために、原種および原原種の種子消毒が不可欠であり、これを徹底することで、生産圃場での発病を抑えて健全種子の採種が可能になる。さらに、採種された種子を消毒して販売することで、より発病の危険が軽減される。スイカ、メロン、キュウリ等の小型種子には、販売用種子、原種および原原種ともに、発芽障害がなく完全消毒効果がある銅水和剤・食酢混合液浸漬後の75℃、4日間の乾熱処理が推奨される（表-3）。

一方、消毒が困難なカボチャ（大粒）などの大型種子の原種・原原種には、発芽に多少影響が出るとしても、

表-2 化学的処理と物理的処理の組合せ処理による防除価および発芽率

処理条件		品目 ^{b)}	防除価	発芽率 (%)	
化学的処理	物理的処理 ^{a)}			無処理	処理
銅水和剤 500 倍・0.01 M 酢酸混合液に室温で 60 分間浸漬	75℃ 4 日	メロン	100	100	100
	75℃ 4 日	トウガン	100	90.7	90.7
	70℃ 4 日		100	98.7	94.0
0.5M アスコルビン酸に 室温で 60 分間浸漬	55℃ 10 分×4	カボチャ (大粒)	100	100	88.7
	15℃ 10 分×4				

^{a)} メロン、トウガンは乾熱処理温度（40℃程度で1日～数日の予備乾燥を含む）、カボチャ（大粒）は間欠温湯処理温度を示す。^{b)} 供試品種は、メロン‘アンデス’、トウガン‘ライオン冬瓜’、カボチャ‘アクア新土佐’。

表-3 作物別の種子消毒法と対応方針

品目	市販種子用処理	原種・原原種用処理	処理の方針
小型種子			
スイカ	銅水和剤・ 食酢混合液	銅水和剤・ 食酢混合液	原種・原原種の消毒 ↓
メロン	食酢混合液	食酢混合液	健全な市販種子の生産 ↓
キュウリ	+	+	健全な市販種子の生産 ↓
トウガン	乾熱処理	乾熱処理	消毒でさらにクリーンに ↓
カボチャ (小粒) 等	(75℃, 4日間)	(75℃, 4日間)	消毒でさらにクリーンに
大型種子			
カボチャ (大粒)	適用できない ^{a)}	より強い消毒法 (間欠温湯処理など)	原種・原原種の消毒 ↓
ユウガオ 等			健全な市販種子の生産

^{a)} 処理による障害(発芽障害など)が発生しない方法では完全に消毒できない。効果は低い³⁾予防的に処理することは推奨される。

表-4 各社の乾熱装置の概要と処理条件

	A社	B社	C社	D社
庫 幅×高×奥 (m)	2.5×3×5	4×2.5×2	3.1×2.7×4.4	0.6×1.2×0.6
送風方式	一側壁から送風, 棚 各段から強制吸気	一側壁から送風, 反 対側壁から吸気	棚下の口から送風, 棚上部天井付近の口 から吸気	庫内上部で循環送風
予備乾燥 時間	24時間	2日間	2日間	2日間
温度 (℃)	40	40	45	40
消毒処理 時間	74.2時間	4日間	3日間	4日間
温度 (℃)	72	72	72	80
目標時間 (hr) ^{a)}	73	(96)	72	(96)
消毒温度到達時間 (hr)	1.5~2.3	1.8~9.5	3.0~	92.7~
実処理時間 (hr) ^{b)}	71.9~72.7	86.2~93.3	0~77.7	(91.4~96.4)

^{a)} 消毒処理目標時間: 処理時間から予想した温度上昇時間を除いた時間。 ^{b)} 実処理時間: A・B・C社は処理時間から設定温度到達時間を除いた時間, D社は温度安定後の時間。

消毒効果を優先させる必要がある。そのため、銅水和剤・食酢混合液浸漬と間欠処理(特願 2009-046967)の組合せなどの、より強い消毒法が推奨される。さらに、これらの販売用種子には、予防的に銅・食酢混合液浸漬後の75℃, 4日間の乾熱処理が推奨される(表-3)。

V 各社の種子消毒用乾熱装置の仕様と庫内の温度分布

ウリ科野菜のウイルス病など種子伝染性病害の対策として種子の乾熱処理が種苗業界に普及しているが、そこで用いる乾熱装置の大きさや様式等が各社で異なっている。そこで、上述で開発した技術を適用するにあたり、その特性を把握する必要があると考えられたため、各社の乾熱装置の仕様と庫内の温度分布等の調査を行った(窪田ら, 2010)。なお、各社の乾熱装置の概要と処理条

件を表-4に示した。

(1) A社

幅2.5m×高さ3m×奥5mの室に幅2m×高さ2.5m×奥2mで4段の棚を二つ設置。庫内の左側壁から通風して、袋に入れた種子の下面から棚を介して強制吸気して循環させる様式である。40℃での予備乾燥後、庫内各地点の種子袋上面の温度が設定温度の72℃に達するまでに1.5~2.3時間かかり、その後、地点によって72.9~73.3℃の平均温度で安定した。種子袋上下面の温度差はなく、下面でも5.5時間以内に設定温度に達した。

(2) B社

幅4m×高さ2.5m×奥2mの室に幅0.5m×高さ1.6m×奥0.8mで8段の網棚を八つ設置。種子を棚に敷いて一方の側壁から送風、反対側の壁で吸気して循環

する様式である。40℃での予備乾燥後、庫内の地点によって設定温度の72℃に達するまでに1.8～9.5時間かかり、その後は74.8～77.1℃で安定した。送風側の下方での温度が最も高く、吸気側下方で最も低くなり、上昇も遅かった。種子内部では、上面と比較して安定後の温度差はないものの、設定温度に達するまでに最大で22時間遅れた。

(3) C社

幅3.1m×高さ2.7m×奥4.4mの室に幅0.9m×高さ1m×奥3.5mで5段の網棚を、左右の側壁それぞれに沿って二つ設置する。各棚の下部に送風口、上部の天井付近に吸気口があり、種子袋を棚に置いて処理する。45℃での予備乾燥後、72℃の設定温度に対して、70.6～75.5℃で安定した。送風口付近では3時間で設定温度に達し、その後の温度も最も高くなったが、送風・吸気口から離れた棚上方では設定温度に達しなかった。袋内外の温度差は1.2℃以下であった。

(4) D社

幅0.6m×高さ1.2m×奥0.6mの庫内が4段の網棚となっている装置。庫内の上部に送風機があり、下方向に送風して循環する様式である。種子袋に種子を入れて処理する。40℃の予備乾燥後、設定の80℃に達するには長時間を要したが、種子周辺の地点のすべてで3時間で78.5℃以上に達して安定した。種子袋内外で温度上昇はほぼ同調し、安定後の温度差は0.1～0.5℃で小さかった。

以上の結果から、種子に近い位置から吸気するA社の装置で、温度上昇の迅速性、庫内温度の均一性が優れていた。研究施設などでも用いられている小型のD社の装置も温度制御能力が優れていた。装置の仕様により、庫内の温度分布や設定温度に達するまでの時間が異なるため、それぞれの装置について、庫内の実温度と表示上の温度間の補正や処理時間の延長等の調整が必要である。

おわりに

今回の試験により、ウリ科野菜において果実汚斑細菌

病に有効な種子消毒法が明らかになった。しかし、同一品目でも種子の大きさや形状により、その処理効果が異なる可能性がある。特にカボチャ種子は、その種や品種の相違で、大きさ、発芽孔の大小、種皮表面の形状等様々な形態が認められ、それらの要因が消毒効果の程度に影響を与えると考えられる。したがって、現場では対象となる種子の大きさ、形状に適した処理方法をさらに検討する必要がある。また、高い消毒効果が確認できた過酢酸、オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシンを含む抗生物質、アスコルビン酸等の薬剤は現在のところ種子消毒剤として登録が取れていない。近い将来、これらの薬剤が登録され、果実汚斑細菌病の侵入・定着を効果的に予防できる日を期待したい。

最後に、間欠温湯処理の試験を遂行する際、稲の種初用温湯消毒装置(湯芽工房YS-101)を貸与いただいた株式会社タイガーカワシマ、種子提供と乾熱装置の試験にご協力いただいた種苗会社各位に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) FAMI, M. and N. W. SCHAAD (1991): *Plant Dis.* **75**: 383～385.
- 2) HOPKINS, D. L. and C. M. THOMPSON (2003): *ibid.* **87**: 1495～1499.
- 3) 加藤智弘・菊池繁美 (2000): 北日本病虫研報 **50**: 70～72.
- 4) 窪田昌春ら (2010): 関西病虫害研究報 **52**: (印刷中).
- 5) 国安克人・中村 浩 (1978): 野菜試報 **A4**: 149～162.
- 6) 草野新太郎ら (2009): 関西病虫研報 **51**: 19～21.
- 7) LATIN, R. X. and D. L. HOPKINS (1995): *Plant Dis.* **79**: 761～765.
- 8) 村田 晃ら (1991): *ビタミン* **65**: 439～445.
- 9) 長井雄治・竹内妙子 (1975): *日植病報* **41**: 269.
- 10) 野村 毅・白川 隆 (2001): 関西病虫害研究報 **43**: 1～6.
- 11) RANE, K. K. and R. X. LATIN (1992): *Plant Dis.* **76**: 509～512.
- 12) SCHAAD, N. W. et al. (1980): *Appl. Environ. Microbiol.* **39**: 803～807.
- 13) 塩見敏樹 (1991): 野菜茶試研報 **A4**: 9～14.
- 14) 白川 隆ら (2000 a): *日植病報* **66**: 223～231.
- 15) ————ら (2000 b): 同上 **66**: 132.
- 16) ———— (2003): 農業および園芸 **78**: 393.
- 17) ———— (2005): 施設と園芸 **131**: 36～39.
- 18) SOWELL, G. Jr. and N. W. SCHAAD (1979): *Plant Dis. Report* **63**: 437～441.
- 19) 竹内昭士郎ら (1978): 農事試報 **28**: 49～76.
- 20) 富田恭範ら (2006): *日植病報* **72**: 312.
- 21) 梅川 学・渡辺康正 (1978): 野菜試験報 **B2**: 55～61.
- 22) WEBB, R. E. and R. W. GOTH (1965): *Plant Dis. Report* **49**: 818～821.