

サツマイモ生塊根に感染したサツマイモ基腐病菌に対する蒸熱処理の殺菌効果

松山（中沖）美優・月居 佳史¹⁾・上松 寛²⁾・平田 隆司³⁾・松浦 貴之

横浜植物防疫所調査研究部

Disinfection Effect of Vapor Heat Treatment on *Diaporthe destruens* Infection of Tuberous Roots of Sweet Potato. Miyu Matsuyama(Nakaoki), Yoshifumi Tsukiori¹⁾, Hiroshi Uematsu, Takashi Hirata and Takayuki Matsuura (Research Division,Yokohama Plant Protection Station, 1-16-10 Shinyamashita, Naka-ku, Yokohama 231-0801 Japan. ¹⁾Institute for Plant Protection, NARO ²⁾Haneda Sub-Station, Yokohama Plant Protection Station ³⁾Tokyo Sub-station, Yokohama Plant Protection Station) *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* **61**: 7-10 (2025).

Abstract: The infested area of *Diaporthe destruens* (Harter) Hirooka, Minosh. & Rossman, which causes foot rot of sweet potato, has expanded throughout Japan. In this study, we examined the applicability of vapor heat treatment (VHT; 47~48 °C, humidity 95% or more, 3 hours 10 minutes), which had been developed as a disinfection method for some sweet potato pests, for suppressing the rot of storage roots by this pathogen and for supplying healthy propagative stocks. This treatment was used to disinfect *D. destruens* which had infected three cultivars of sweet potato. In addition, *D. destruens* was not re-isolated from inoculated sweet potato sprouts after VHT; therefore, we consider that the VHT can be a highly applicable method for the sterilization of tuberous roots. On the other hand, some healthy sweet potatoes didn't sprout after VHT. This result indicates that it is necessary to examine the effect of VHT on sprouting or the treatment time for each cultivar in order to apply VHT for the disinfection of propagative stocks.

Key Words: *Diaporthe destruens*, Sweet potato, Vapor heat treatment

緒言

サツマイモ基腐病菌 (*Diaporthe destruens* (Harter) Hirooka, Minosh. & Rossman) によって引き起こされるサツマイモ基腐病 (Foot rot) は、我が国では、2018 年に沖縄県で病害虫発生予察特殊報が発表されてから、鹿児島県や宮崎県をはじめ全国的に発生地域が広がっている (小林, 2019)。貯蔵中に発病した塊根が腐敗する被害が問題となるほか、罹病種芋が苗床に持ち込まれて伝染源になることが問題となるため (Clark *et al.*, 2013、農研機構九州沖縄農業研究センターほか、2023)、食用サツマイモや健全種芋の安定的な供給に資する有効な消毒方法の確立は重要である。

蒸熱処理は、加温した飽和蒸気を用いてミバエ類が寄生する熱帯原産の生果実等を消毒する方法であるが (日本くん蒸技術協会、1996)、イチゴ苗のうどんこ病やマンゴー生果実の炭疽病等の病原菌の殺菌にも有効であることが報告されている (高

山、2017、広瀬ら、2008)。我が国の国内植物検疫では、植物防疫法施行規則に基づき、南西諸島で発生するアリモドキゾウムシ、イモゾウムシ、サツマイモノメイガに対するサツマイモ塊根の蒸熱処理が行われており、処理条件が食味や貯蔵性に影響しないことが明らかになっている (島袋ら、1997) が、蒸熱処理のサツマイモ基腐病菌に対する殺菌効果の有無についてはこれまでに知見がない。また、蒸熱処理が種芋の萌芽に与える影響も報告された事例はない。サツマイモ基腐病菌は、見かけ上健全な塊根の内部組織にも多量の菌体が存在し得ることから (農研機構九州沖縄農業研究センターほか、2023)、本菌の殺菌においては、塊根内部を本菌の死滅温度まで完全に上昇させることが重要である。一般的に、蒸熱処理は、処理対象植物の中心温度を基準に処理を行う (Armstrong and Mangan, 2007)。島袋ら (1997) の処理条件は、塊根の中心温度を 47℃ に上げてから、3 時間 10 分処理するため、塊根内部に存在する本菌にも殺菌効果を発揮すると期待されることから、当該条件で罹

¹⁾ 農研機構植物防疫研究部門

²⁾ 横浜植物防疫所羽田空港支所

³⁾ 横浜植物防疫所東京支所

病塊根の消毒試験を行うと共に、萌芽への影響についても調査した。

材料及び方法

1. 供試試料

2018年に鹿児島県産の罹病サツマイモ塊根から分離した *D. destruens* 2菌株 (KM1及びKM2) を供試した。

また、消毒試験及び萌芽試験には、2020年度産の千葉県産サツマイモ塊根 (品種「べにはるか」、「ベニアズマ」、「シルクスイート」) を用いた。

2. 分生子懸濁液の作製

D. destruens 2菌株を Potato Dextrose Agar (PDA) で25℃、暗黒下で約1週間培養した後、高圧蒸気滅菌したサツマイモ茎を置床した2% water agar (WA) で25℃、暗黒下で約2週間培養した。培地に滅菌水10mlを注ぎ、スパチュラでサツマイモの茎や培地上の分生子塊を軽くこすって懸濁し、約 1×10^6 個/mlに調整した分生子懸濁液を以後の試験で使用した。

3. 分生子懸濁液への温湯処理試験

分生子懸濁液500µlを1.5mlマイクロチューブに入れ、温湯処理を行った。試験区は、Table 1に示した。温湯処理には、ウォーターバス (東京理化器械株式会社、EYELA NTS4000) を使用し、標準温度計で水温を計測した。処理後の分生子懸濁液を滅菌ろ紙片に浸透させ、PDAに置床した。25℃、暗黒下で2週間培養後、本菌の生死を確認した。対照には、室温で処理した分生子懸濁液を用いた。

4. 分生子懸濁液への蒸熱処理試験

分生子懸濁液1mlを1.5mlマイクロチューブに入れ、47～48℃、湿度95%以上で蒸熱処理した。処理には蒸熱処理装置 (株式会社FTH、VHC-10TM) を使用し、データロガー (株式会社ティアンドデイ、RTR-52) に接続したフッ素樹脂被覆センサー (株式会社ティアンドデイ、TR-5106) を水1mlを入れたチューブに挿して温度を測定した。チューブ内の水温が47℃に達した時点から処理開始とし、処理開始40分後から190分後まで30分おきに装置から分生子懸濁液入りのチューブを取り出した。分生子懸濁液は、その後PDAで25℃、暗黒下で2週間培養し、本菌の生死を確認した。対照には、室温で処理した分生子懸濁液を用いた。

5. 罹病塊根への蒸熱処理

菌株、サツマイモ品種及び蒸熱処理の有無の組み合わせで12試験区を設け、各試験区あたりサツマイモ塊根6本、計72本を供試した。塊根の両端に柄付き針で傷をつけ、分生子懸濁液2mlを含ませた脱脂綿を各有傷部に貼付して接種した。接種した塊根は、25℃、暗黒下で高湿を保ったプラスチック製容器で2週間保管し、発病させた。対照は、塊根6本の有傷部に滅菌水を接種し、上記と同じ条件で2週間保管した。その後、鳥袋

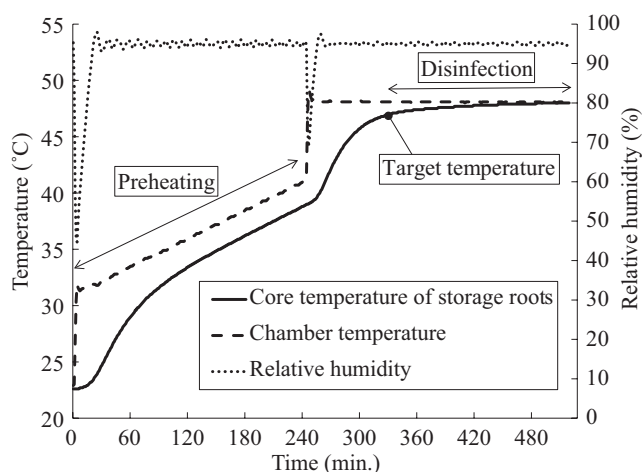


Fig. 1. An example of transition of temperature and humidity in a chamber and the core temperature of storage roots during vapor heat treatment. The temperature in the chamber was raised from 31 to 41°C for 4 hours with saturated vapor (>94% R. H.) for preheating, and then it was maintained at 48°C. After the core temperature of storage roots reached 47°C (target temperature), this core temperature was maintained for 190 minutes (disinfection).

ら (1997) の条件、すなわち相対湿度 95% 以上の蒸熱処理装置内において、装置内温度を 4 時間で 31℃ から 41℃ まで一定の上昇率で上げた後 (preheating)、装置内温度を 47℃ に上昇させ、温度センサーを付けた全てのサツマイモ塊根の中心温度が 47℃ (target temperature) に達した時点から 47℃～48℃で罹病塊根及び対照の健全塊根を 3 時間 10 分蒸熱処理した (Fig. 1)。塊根の中心温度は、品種ごとに選抜した塊根 3 個に温度センサー (株式会社チノー、LE5000) を挿入し、測定した。

6. 蒸熱処理した罹病塊根における *D. destruens* の生存確認

蒸熱処理した罹病塊根 36 本のうち半数の 18 本の塊根内部の病徴部から約 5mm 角の組織片を接種部位あたり 4 片切り出し、PDA で約 2 週間培養し、本菌の生死を確認した。対照として、未処理の罹病塊根から同様に組織片を切り出し、PDA で約 2 週間培養した。

蒸熱処理した罹病塊根 36 本の残り半数の 18 本は滅菌土壌に植え、24℃のガラス温室で 2 か月間栽培した。栽培方法の詳細は後述する。対照として、未処理の罹病塊根を同条件で栽培した。これらの塊根から萌芽した芽を常法により組織分離し、本菌の有無を確認した。また、罹病塊根から萌芽して葉が 7 葉程度生えたものを苗とし、24℃のガラス温室で 2 か月間栽培した。

7. 蒸熱処理した健全塊根の萌芽試験

蒸熱処理された塊根の萌芽への影響を調査するため、鳥袋ら (1997) の条件で 3 品種の健全塊根を 3 本ずつ蒸熱処理した。処理した塊根は滅菌土壌を充填したポットになり首側が若干見える深さで植付けた。24℃のガラス温室で栽培し、散水ホース

を用いて適宜灌水した。植付けから2か月間栽培し、萌芽した塊根の数を調査した。また、対象として、未処理の健全塊根を各品種3本ずつ同条件で栽培した。

結果及び考察

1. *D. destruens* の耐熱性の調査

分生子懸濁液への温湯処理では、47℃で120分、48℃及び50℃で60分以上処理した試験区で *D. destruens* 2菌株の生存が確認されなかった (Table 1)。したがって、本菌の殺菌に47～50℃の熱処理が有効であると示された。

次に、分生子懸濁液への蒸熱処理では、分生子懸濁液の温度は、装置作動後26分で標的温度の47℃に達し、その後処理終了まで47.0～48.1℃で推移した。処理時間が70分以上の試験区で *D. destruens* 2菌株の生存は確認されなかった (Table 2)。

Table 1. Disinfecting effect of hot water treatment on *D. destruens* conidial suspension.

Temperature (°C)	Time (min.)	KM1	KM2
45	120	6/12 ¹⁾	5/12
	180	5/12	3/12
	240	4/12	0/12
47	30	4/12	12/12
	60	1/20	2/20
	120	0/20	0/20
48	30	3/12	8/12
	60	0/20	0/20
	120	0/20	0/20
50	10	3/12	4/12
	60	0/12	0/12
	120	0/12	0/12
Control ²⁾	-	24/24	24/24

1) Number of tubes with confirmed growth of *D. destruens*/number of treated tubes.

2) Room temperature.

Table 2. Disinfecting effect of vapor heat treatment on *D. destruens* conidial suspension.

Temperature (°C)	Time (min.)	KM1	KM2
47～48	40	0/9 ¹⁾	7/10
	70	0/10	0/10
	100	0/10	0/9
	130	0/10	0/10
	160	0/10	0/10
	190	0/10	0/10
Control ²⁾	-	24/24	24/24

1) Number of tubes with confirmed growth of *D. destruens* / number of treated tubes.

2) Room temperature.

2. 蒸熱処理した罹病塊根における *D. destruens* の生存確認

D. destruens 罹病塊根に対する蒸熱処理では、塊根の中心温度は、装置作動後4時間28分で標的温度の47℃に達し、その後処理終了まで47.0～48.7℃で推移した。蒸熱処理した罹病塊根の内部組織片からは *D. destruens* は分離されなかった (Table 3)。したがって、当該条件による蒸熱処理により、塊根内部に存在する *D. destruens* は殺菌可能であることが明らかとなった。

蒸熱処理した罹病塊根18本のうち3本 (KM1を接種したシルクスweet 1本及びKM2を接種したシルクスweet 2本) のみ萌芽した。これらの芽から常法により組織分離を行ったところ、*D. destruens* は分離されなかった。また、罹病塊根由来の苗を2か月間栽培したが、罹病植物で観察される病徴 (茎の萎凋や枯死等) は認められなかった。これらの結果から、本菌が罹病種芋から苗に持ち越されることを防ぐ上で、当該処理が有効であると考えられた。なお、未処理の罹病塊根では、萌芽は確認されなかった。

Table 3. Disinfecting effect of vapor heat treatment on *D. destruens* inoculated on sweet potato storage roots.

Treatment	<i>D. destruens</i> Strains	Sweet potato cultivars		
		Beniharuka	Beniazuma	Silk sweet
Vapor heat treatment	KM1	0/6*	0/6	0/6
	KM2	0/6	0/6	0/6
Control	KM1	5/5	5/5	6/6
	KM2	6/6	6/6	6/6

Three sweet potato storage roots were tested in each test plot, and two spots were inoculated per storage root.

* Number of inoculation sites where *D. destruens* were isolated/Total number of inoculation sites.

3. 蒸熱処理した健全塊根の萌芽試験

栽培1か月後において、シルクスweetが3本中1本のみ萌芽し、他の2品種では萌芽が認められず、栽培2か月後には、べにはるか及びシルクスweetが3本中2本萌芽し、ベニアズマは萌芽しなかった (Table 4)。対照区では、栽培1か月後には、

Table 4. Effect of vapor heat treatment on sweet potato sprouting.

Treatment	Sweet potato Cultivars	Growing period	
		One month	Two months
Vapor heat treatment	Beniharuka	0/3 ¹⁾	2/3
	Beniazuma	0/3	0/3
	Silk sweet	1/3	2/3
Control ²⁾	Beniharuka	1/3	3/3
	Beniazuma	2/3	3/3
	Silk sweet	3/3	3/3

1) Number of sprouting storage roots/Total number of storage roots.

2) Room temperature.

シルクスイートで3本全て、ベニアズマで2本、ベにはるかで1本が萌芽し、栽培2か月後には、全品種で3本全てが萌芽した。また、蒸熱処理区及び対照区ともに萌芽した苗における生育の差は見られなかった。これらの結果において、蒸熱処理により萌芽に要する日数が増加する傾向が見られたことに加え、萌芽への影響には品種間差があることが推察された。本試験で用いた島袋ら(1997)の条件は、3時間10分の消毒処理に加え、熱障害を抑える目的で行う順化(preheating)の工程を含めると総処理時間は8～9時間に及ぶ。萌芽に要する日数の増加傾向や萌芽数の品種間差は、処理時間の長さが影響している可能性がある。分生子懸濁液を用いた47～48℃、70分の蒸熱処理で本菌が死滅したことから(Table 2)、萌芽への影響を回避する目的で、47～48℃、3時間10分の処理時間は短縮できると思われる。なお、4時間の順化の工程は、熱障害の回避を目的としているため(島袋ら、1997)、順化時間の短縮や省略は推奨しない。また、蒸熱処理で受ける萌芽への影響は品種によって異なる可能性があるため、種芋へ適用する際には、品種ごとに消毒効果及び萌芽への影響を詳細に調査し、処理条件の検討を行う必要があるだろう。

摘要

サツマイモ基腐病を引き起こす *Diaporthe destruens* による貯蔵塊根の腐敗を抑え、健全な種芋を供給する消毒方法を調査するため、3品種の罹病塊根に蒸熱処理(47～48℃、湿度95%以上、3時間10分)を行なったところ、塊根内部から本菌は分離されず、当該処理は本菌の殺菌に有効であることが明らかとなった。

また、蒸熱処理後の罹病塊根由来の芽からは本菌は分離されず、当該処理は種芋の消毒方法としても有効であることが示された。一方、蒸熱処理後の一部品種の健全塊根で萌芽が確認できなかったことから、当該処理を種芋の消毒に適用するためには、消毒効果や萌芽への影響に関する品種ごとの追加調査により処理条件を検討する必要があると考えられた。

謝辞

本調査の蒸熱処理試験は、農林水産省植物防疫所調査研究部消毒担当の蒸熱処理装置を使用した。また、調査実施にあたりご指導いただいた農林水産省植物防疫所の土肥野次席、松岡次席、大村次席に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Armstrong, J. W., R. L. Mangan (2007) Commercial quarantine heat treatments. In *Heat Treatments for Postharvest Pest Control* (J. Tang, E. Mitcham, S. Wang and S. Lurie ed.). CAB International. Wallingford UK: 311-340.
- Clark, C. A., D. M. Ferrin, T. P. Smith, G. J. Holmes (2013) *Compendium of Sweetpotato Diseases, Pests, and Disorders, Second Edition*. APS Press, St. Paul USA: 36-37.
- 小林有紀(2019) サツマイモ基腐病(仮称)の発生と対策. 植物防疫 **73**(8): 501-505.
- 島袋智志・石川昭彦・岩田雅顕・坂口忠史・牧口寛・勝又肇(1997) さつまいもの蒸熱処理－アリモドキゾウムシ、イモゾウムシ、サツマイモノメイガの殺虫及びさつまいもの熱障害－. 植物防疫所調査研究報告 **33**: 35-41.
- 高山智光(2017) イチゴ苗の蒸熱処理技術について. 植物防疫 **71**(10): 646-654.
- 日本くん蒸技術協会(1996) 蒸熱消毒試験技術者テキスト(再改訂版). 社団法人日本くん蒸技術協会 東京 日本: 13-22.
- 農研機構・鹿児島県農業開発総合センター・鹿児島県経済農業協同組合連合会・鹿児島県大隅地域振興局・宮崎県総合農業試験場・沖縄県農業研究センター・沖縄県農林水産部農業革新支援班・(株)サナス・三州産業(株)・三和物産(株)(2023) サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和4年度版). (オンライン), 入手先 <https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/stem_blight_and_storage_tuber_rot_of_sweetpotator04a.pdf>, (参照 2024-9-9).
- 広瀬直人・澤峠哲也・照屋亮・吉武均・秋永孝義(2008) 温熱処理によるマンゴー(アーウィン)炭疽病の防除. 日本食品保蔵科学会誌 **34**(5): 267-273.