

ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの温湯消毒

難波信行

キーワード：ショウガ，種ショウガ，根茎腐敗病，温湯消毒

Hot Water Disinfection of Ginger Rhizome to Root Rot Caused by *Pythium myriotylum* on Ginger.

Nobuyuki NAMBA

目次

| | |
|----------------------------|-----|
| 1. 緒言 | 108 |
| 2. 温湯処理の防除効果 | 108 |
| 1) 防除効果の実証 | 108 |
| 2) 処理水温が生育，収量に及ぼす影響 | 109 |
| 3. 浸漬による水温低下を考慮した温湯処理方法 | 110 |
| 1) 2段温度制御法の水温変化 | 110 |
| 2) 2段温度制御法の防除効果 | 110 |
| 3) 生育への影響（圃場試験） | 111 |
| 4) 生育への影響（プランター試験） | 111 |
| 4. 効率性を重視した温湯処理方法 | 113 |
| 1) 大型温湯消毒機による1段温度制御法の水温変化 | 113 |
| 2) 1段温度制御法の防除効果 | 113 |
| 3) 生育への影響 | 114 |
| 5. 温湯処理が種ショウガに与える影響 | 115 |
| 1) 処理時間の影響 | 115 |
| 2) 処理後の流水による冷却の有無が根茎に与える影響 | 116 |
| 3) 萌芽した根茎を処理した場合の影響 | 116 |
| 4) 処理後の保存期間が根茎に及ぼす影響 | 117 |
| 6. 総合考察 | 118 |
| 7. 摘要 | 121 |
| 8. 引用文献 | 121 |
| Summary | 121 |

1. 緒言

ショウガ根茎腐敗病は、*Pythium myriotylum* (従来の学名 *Pythium zingiberis*) によるショウガの最重要病害で、汚染土壌または病原菌に汚染された種ショウガから伝染する。病原菌は高温多湿を好むため、本病は、露地栽培では梅雨から夏にかけて発病し、いったん発病すると水媒伝染により急速に蔓延して大きな被害をもたらす。4月下旬に植付ける本県の露地栽培ショウガでは、6月中旬頃から発生する。

本病に対して効果が高く、作業性が簡便な臭化メチル剤（植付け前の土壌くん蒸剤）は、オゾン層を破壊する物質に指定され、2005年に先進国での使用が廃止された。ショウガでは、それ以降も本病を対象に不可欠用途（モントリオール議定書締約国会合で承認された用途）として使用が認められてきたが、2012年末にその制度も終了した。臭化メチル剤全廃後、ショウガの安定生産を確保するためには、代替の土壌くん蒸剤による土壌消毒²⁾に、種子消毒、生育期の薬剤防除²⁾を加えた総合的な対策³⁾⁵⁾が必要となった。対策のうち土壌消毒と生育期の防除は、登録された化学農薬（登録申請予定農薬を含む）による対応が可能であったが、種子消毒

は、2006年にキャプタン水和剤が適用除外となり2013年に再登録されるまで登録農薬がない状況であった。本研究開始時に使用可能な種子消毒方法は、物理的消毒方法として香川ら¹⁾が報告した45°Cの温湯に30分浸漬する温湯処理であったが、この方法では、植付ける種子量が多いショウガ栽培（大ショウガの場合10a当たり600~700kg）の場合、消毒作業に多くの時間を必要とするため普及していない。寺見⁷⁾⁸⁾は、処理効率を高めるために、短時間で処理できる温度条件を室内検定で検討し、50°Cの温湯に10分浸漬する処理方法の有効性を報告している。本研究では、寺見が報告している処理条件の実証と実用性を考慮した処理方法を検討した。

なお、本研究は新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（2008~2012年）および農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（2013~2014年）で実施された「臭化メチル剤から完全に脱却した産地適合型栽培マニュアルの開発」において、2011~2014年に実施した結果である。また、試験で使用した温湯消毒機は、株式会社タイガーカワシマから提供いただいた。ここに深く感謝の意を表す。

2. 温湯処理の防除効果

目的

温湯による種ショウガの消毒方法として寺見⁷⁾⁸⁾は、従来の報告¹⁾よりも処理時間を短縮した50°Cの温湯に10分浸漬する処理方法の有効性と萌芽根茎率、根茎当たりの芽数・芽重が減少しない温度が52°C以下であることを室内検定により報告している。そこで、ショウガを作付して本処理方法の根茎腐敗病に対する防除効果と種ショウガに及ぼす水温の影響を検証した。

1) 防除効果の実証

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内ガラス室

(2) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

植付日：2011年7月27日

土壌の種類：細粒黄色土

栽植密度：1株/ワグネルポット（1/5000a）

(3) 区制・面積

1区10株、反復なし

(4) 病原菌の接種

種ショウガは、7月25日に2濃度の根茎腐敗病菌繁殖体懸濁液（ 3×10^3 cfu/ml, 3×10^4 cfu/ml）にそれぞれ浸漬（28~30°C, 15hr）後、水道水で3回洗浄し供試した。なお、無接種の種ショウガは、蒸留水に浸漬（28~30°C, 15hr）した。

(5) 処理時期・方法

試験区は、菌接種2濃度ともに表1のとおりとし、各処理は7月26日に実施した。温湯処理は、株式会社タイガーカワシマ製の温湯消毒機「湯芽工房YS-101S」（写真1：湯量750）を用い、処理後、寺見⁸⁾の報告に準じ流水で冷却した。

表1 試験区の構成

| No. | 病原菌接種 | 処理区 | 処理方法 |
|-----|-------|----------|---------------|
| 1 | 有 | 温湯 | 50℃, 10分 |
| 2 | 有 | キャプタン水和剤 | 粉衣: 根茎重量の2% |
| 3 | 有 | キャプタン水和剤 | 浸漬: 100倍, 10分 |
| 4 | 有 | 無処理 | — |
| 5 | 無 | 無処理 | — |



写真1 湯芽工房 YS-101S

(6) 調査月日・方法

8月25日, 9月2日, 7日, 14日, 20日, 26日, 10月3日, 11日および20日の計9回, 各区全株について下記調査基準で調査し, 発病株率, 発病度, 防除価を算出した. 未出芽株および出芽した株の中の1茎でも発病した株を発病株としてカウントした.

<発病程度別調査基準と指数>

0: 発病を認めない

1: 出芽後に発病

2: 未出芽

発病度 = {Σ (程度別発病株数 × 指数) ÷ (2 × 調査株数)} × 100

防除価 = 100 - {(処理区の発病 / 無処理区の発病) × 100}

2) 処理水温が生育, 収量に及ぼす影響

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地圃場

(2) 耕種概要

品種: 土佐1号

種子: 採種圃産の購入根茎

植付日: 2012年4月28日

土壌の種類: 細粒黄色土

栽植密度: 1株/プランター (60×26×27cm, 土容量約250)

(3) 区制・面積

1区10株, 反復なし

(4) 処理時期・方法

処理水温は50℃, 51℃, 52℃, 54℃, 56℃で処理時間は各10分とし, 対照として無処理区を設けた. 処理は4月23日に「湯芽工房 YS-101S」を用い, 処理後, 流水で冷却した.

(5) 調査月日・方法

植付後, 出芽状況を随時調査し, 各区全株の草丈を8月10日と10月10日, 根茎重を11月9日に調査した.

結果および考察

50℃, 10分浸漬による防除効果の検証結果を表2, 表3に示した. 10月26日(処理92日後)時点で温湯処理区は, 接種濃度 3×10^3 cfu/ml が発病無し, 3×10^4 cfu/ml が発病株率20%, 発病度20で対照のキャプタン水和剤区の粉衣および浸漬処理と比較して高い防除効果を示した. 50℃の温湯に10分浸漬する温湯処理方法は, ショウガを作付した試験においても種ショウガの消毒方法として本病に対して有効であることが明らかとなった.

出芽への影響は, 処理水温52℃まで認められなかったが, 54℃では1株, 56℃で5株出芽しなかった(表4). また, 52℃では初期生育がやや抑制され, 54℃以上では草丈が低く根茎重が小さくなる傾向が認められた. このことから, 52℃以上の水温で処理した場合, 水温が高いほど出芽率, 初期生育が悪くなると考えられた.

表2 ショウガ根茎腐敗病に対する温湯消毒の防除効果 (接種濃度 3×10^3 cfu/ml)

| 処 理 区 | 調査株数 | 発病株率 (%) | | | | | | | | | | 10/26 (処理92日後) | | | | | | |
|--------------------------|------|----------|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|----|----------------|---|----------|-----|-----|-----|--|
| | | | | | | | | | | | | 発病指数別株数 | | 発病株率 (%) | 発病度 | 防除価 | 葉害 | |
| | | 8/25 | 9/2 | 9/7 | 9/14 | 9/20 | 9/26 | 10/3 | 10/11 | 10/20 | 0 | 1 | 2 | | | | | |
| 1 温湯浸漬 50℃, 10分 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | |
| 2 キャプタン水和剤 粉衣: 根茎重量2% | 10 | 20 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 7 | 1 | 2 | 30 | 25 | 72 | — | |
| 3 キャプタン水和剤 浸漬: 100倍, 10分 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 0 | 1 | 10 | 10 | 89 | — | |
| 4 無処理 | 10 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 2 | 8 | 100 | 90 | | | |
| 5 無処理 (無接種) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |

表3 ショウガ根茎腐敗病に対する温湯消毒の防除効果 (接種濃度 3×10^4 cfu/ml)

| 処 理 区 | 調査株数 | 発病株率 (%) | | | | | | | | | | 10/26 (処理92日後) | | | | | | |
|-------------------------|------|----------|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|-----|----------------|---|---|----------|-----|-----|----|
| | | | | | | | | | | | | 発病指数別株数 | | | 発病株率 (%) | 発病度 | 防除価 | 葉害 |
| | | 8/25 | 9/2 | 9/7 | 9/14 | 9/20 | 9/26 | 10/3 | 10/11 | 10/20 | 0 | 1 | 2 | | | | | |
| 1 温湯浸漬 50℃, 10分 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 8 | 0 | 2 | 20 | 20 | 78 | |
| 2 キャプタン水和剤粉衣: 根茎重量2% | 10 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 6 | 0 | 4 | 40 | 40 | 56 | - |
| 3 キャプタン水和剤浸漬: 100倍, 10分 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 1 | 0 | 10 | 5 | 94 | - |
| 4 無処理 | 10 | 80 | 80 | 80 | 80 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 2 | 8 | 100 | 90 | | |
| 5 無処理 (無接種) | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |

表4 処理水温が出芽・生育に及ぼす影響

| 処理区 | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 根茎重 (g/株) |
|----------|-----|-----|---------|--------|-----------|
| | | | 8月10日 | 10月10日 | |
| 50℃, 10分 | 10 | 10 | 74 | 90 | 679 |
| 51℃, 10分 | 10 | 10 | 75 | 85 | 679 |
| 52℃, 10分 | 10 | 10 | 69* | 83 | 673 |
| 54℃, 10分 | 10 | 9 | 63* | 81 | 641 |
| 56℃, 10分 | 10 | 5 | 39* | 56* | 338* |
| 無処理 | 10 | 10 | 75 | 85 | 706 |

※ 表中の*はt検定により無処理に対して5%水準で有意差あり

3. 浸漬による水温低下を考慮した温湯処理方法

目的

本病に対して 50℃, 10 分の温湯処理は, 高い防除効果が認められたが, 温湯処理を実用化するためには, 多量の種ショウガを同時に浸漬する際の温湯の水温低下を考慮しなければならない. 種ショウガを少量浸漬しても水温は変化しない (図 1 左) が, 浸漬量を増やした場合, いったん 50℃未満に水温が低下し, 水温が 50℃に復帰するのに時間を要する (図 1 中央). 寺見⁷⁾⁸⁾は, 10 分浸漬した場合, 48℃以下では本菌が完全に死滅しないことを報告しており, 浸漬による 50℃未満への水温低下時間が長くなると十分な防除効果が得られないことが考えられる. そこで, 50℃より高い水温で浸漬を開始し, 50℃まで水温を低下させ, 以後 50℃定温で合計 10 分浸漬する処理方法 (図 1 右: 以下「2 段温度制御法」) を検討した.

1) 2 段温度制御法の水温変化

材料および方法

浸漬開始温度は, 寺見⁷⁾⁸⁾の報告より萌芽根茎率, 根茎当たりの芽数・芽重が減少しない 52℃とし, 温湯消毒機の温度設定を温湯処理 1 回毎に浸漬開始温度 52℃と浸漬温度 50℃に変更する 2 段温度制御法による処理方法を考案 (図 2) し, 本処理法による温湯処理時の水温変化を調査した. 作業手順

は, 温湯消毒機の温度設定を浸漬開始温度 52℃に設定し, 水温が 52℃に達した後, 浸漬温度 50℃に温度設定を変更し, 直ちに水温が 2℃低下する量の種ショウガを 10 分浸漬後, 引上げて流水で冷却する工程とした. 種ショウガの処理量は, 水温が 1℃変化する時の熱量を 1kcal/l, ショウガの水分を 90%として処理時の種ショウガの実測値より計算した (表 5). 処理は, 2012 年 4 月 16 日に諫早市貝津町の当センター実験棟内で「湯芽工房 YS-101S」を用いて実施した.

表5 2段温度制御法における種ショウガの処理量

| 種ショウガ温度 (°C) | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 処理量 (g/l) | 60 | 62 | 64 | 65 | 67 | 69 | 72 | 74 | 77 | 79 |

$$Y = 1\text{kcal} \times (52^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}) / (50^\circ\text{C} - X^\circ\text{C}) \times (100 - 90\%)$$

Y: 1l 当りの処理量

X: ショウガの温度 (実測値: 根茎内部)

2) 2 段温度制御法の防除効果

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地圃場

(2) 耕種概要

品種: 土佐 1 号

種子: 前年度発病圃場から収穫した根茎

植付日：2012年4月24日
 土壌の種類：細粒黄色土
 栽植密度：畦幅60cm，株間35cm

(3) 区制・面積

1区 4.32 m² (1.2×3.6m, 20株), 3反復

(4) 処理時期・方法

試験区は，表6のとおりとし，各処理は，4月23日に実施した。温湯処理は，「湯芽工房YS-101S」を用いた。

表6 試験区の構成

| No. | 処理区 | 処理方法 |
|-----|----------|-----------------------|
| 1 | 2段温度制御法 | 浸漬開始温度52℃→浸漬温度50℃，10分 |
| 2 | キャプタン水和剤 | 粉衣：根茎重量の2% |
| 3 | キャプタン水和剤 | 浸漬：100倍，10分 |
| 4 | 無処理 | — |

(5) 調査月日・方法

6月25日，7月3日，10日，17日，25日，31日，8月7日，14日，20日および27日の計10回，各区全株の発病の有無を調査し，発病株率と防除価を算出した。株の中の1茎でも発病すると発病株としてカウントした。

3) 生育への影響（圃場試験）

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市小船越町 当センター内露地圃場

(2) 耕種概要

品種：土佐1号
 種子：採種圃産の購入根茎
 植付日：2012年5月7日
 土壌の種類：細粒黄色土
 栽植密度：畦幅60cm，株間35cm

(3) 区制・面積

1区 3 m² (1.2×2.5m, 14株), 反復なし

(4) 処理時期・方法

試験区は，表7のとおりとし，温湯処理は，「湯芽工房YS-101S」を用い，4月23日に実施した。

表7 試験区の構成

| No. | 処理区 | 処理方法 |
|-----|---------|-----------------------|
| 1 | 2段温度制御法 | 浸漬開始温度52℃→浸漬温度50℃，10分 |
| 2 | 定温 | 50℃，10分 |
| 3 | 無処理 | — |

(5) 調査月日・方法

植付後，出芽状況を随時調査し，各区全株の草丈を8月10日と10月10日，根茎重を11月9日に調査した。

4) 生育への影響（プランター試験）

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地

(2) 耕種概要

品種：土佐1号
 種子：採種圃産の購入根茎
 植付日：2012年4月28日
 栽植密度：1株/プランター（60×26×27cm，土容量約250）

土壌の種類：細粒黄色土

(3) 区制・面積

1区 10株，反復なし

(4) 処理時期・方法

3-3) 生育への影響（露地試験）と同様

(5) 調査月日・方法

3-3) 生育への影響（露地試験）と同様

結果および考察

2段温度制御法による温湯処理を行なった結果，水温は浸漬開始から約2分後に52℃から50℃に低下（図3）し，その後は，50℃±0.2℃（温湯消毒機の精度±0.5℃：カタログ値）で約8分間推移した。

本処理法による温湯消毒は，対照のキャプタン水和剤区の粉衣処理および浸漬処理より発病を低く抑え，高い防除効果が認められた（表8）。また，本処理法による出芽数，草丈，根茎重への影響は認められなかった（表9，10）。

本処理法による温湯消毒は，生育に影響をおよぼすことなく薬剤処理に優る高い防除効果を示し，湯芽工房YS-101S（水量750）では，1回5.6kg（シヨウガ温度20℃の場合）の種シヨウガの消毒が可能であった。

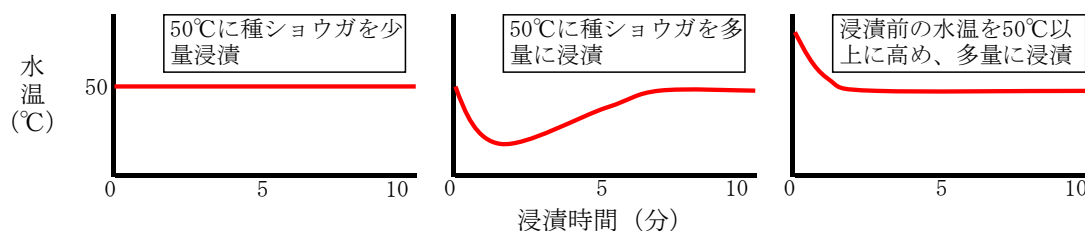


図1 種シヨウガの浸漬量の違いによる水温変化（イメージ）

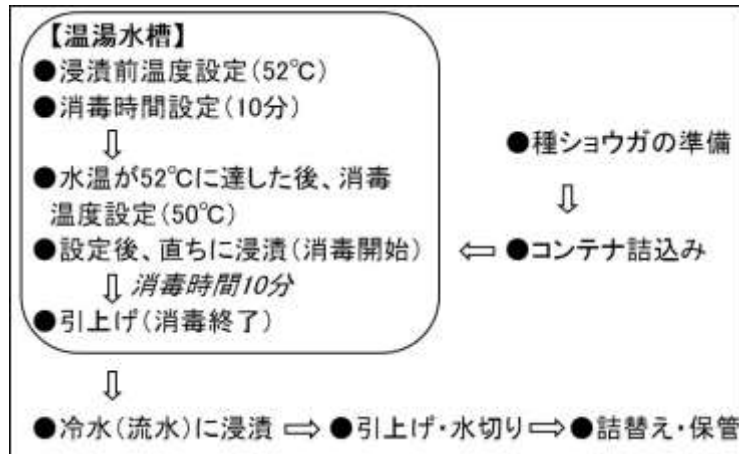


図2 2段温度制御法による温湯処理方法

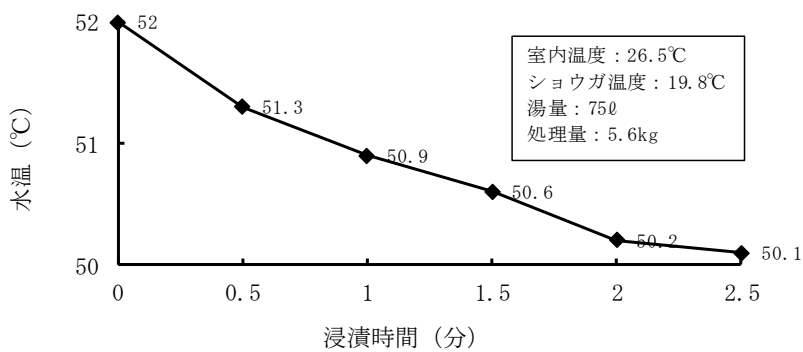


図3 2段温度制御法における種ショウガ浸漬後の水温変化

※ 2.5分以降、10分まで50°C±0.2°Cで推移

表8 ショウガ根茎腐敗病に対する防除効果 (2段温度制御法)

| 処理区 | 反復 | 調査株数 | 発病株率 | | | | | | | 防除価 | | |
|----------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 7/10 | 7/17 | 7/25 | 7/31 | 8/7 | 8/14 | 8/20 | 8/27 | 7/31 | 8/27 |
| 1. 2段温度制御法 | 1 | 19 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| | 2 | 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| | 3 | 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 10.0 | 30.0 | 40.0 | | |
| | AV. | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 3.3 | 10.0 | 13.3 | 100 | 83 |
| 2. キャプタン水和剤 粉衣：根茎重量2% | 1 | 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| | 2 | 18 | 0.0 | 0.0 | 22.2 | 33.3 | 44.4 | 50.0 | 55.6 | 66.7 | | |
| | 3 | 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| | AV. | | 0.0 | 0.0 | 7.4 | 11.1 | 14.8 | 16.7 | 18.5 | 22.2 | 61 | 72 |
| 3. キャプタン水和剤 浸漬：100倍 10分 | 1 | 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| | 2 | 20 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.0 | 15.0 | 15.0 | 45.0 | | |
| | 3 | 20 | 0.0 | 5.0 | 15.0 | 40.0 | 45.0 | 55.0 | 60.0 | 75.0 | | |
| | AV. | | 0.0 | 1.7 | 5.0 | 13.3 | 18.3 | 23.3 | 25.0 | 40.0 | 53 | 49 |
| 4. 無処理 | 1 | 20 | 0.0 | 5.0 | 15.0 | 20.0 | 25.0 | 30.0 | 45.0 | 70.0 | | |
| | 2 | 20 | 0.0 | 0.0 | 25.0 | 35.0 | 40.0 | 40.0 | 65.0 | 75.0 | | |
| | 3 | 20 | 0.0 | 0.0 | 10.0 | 30.0 | 45.0 | 55.0 | 80.0 | 90.0 | | |
| | AV. | | 0.0 | 1.7 | 16.7 | 28.3 | 36.7 | 41.7 | 63.3 | 78.3 | | |

防除価：7月31日、8月27日の発病株率の平均値より算出

表9 生育への影響 (圃場試験)

| No. | 処理区 | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 根茎重 (g/株) |
|-----|---------|-----|-----|---------|--------|-----------|
| | | | | 8月10日 | 10月10日 | 11月9日 |
| 1 | 2段温度制御法 | 14 | 14 | 65 | 96 | 850 |
| 2 | 定温 | 14 | 14 | 63 | 97 | 815 |
| 3 | 無処理 | 14 | 14 | 67 | 91 | 828 |

表 10 生育への影響（プランター試験）

| No. | 処理区 | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 根茎重 (g/株) |
|-----|---------|-----|-----|---------|--------|-----------|
| | | | | 8月10日 | 10月10日 | |
| 1 | 2段温度制御法 | 10 | 10 | 71 | 86 | 697 |
| 2 | 定温 | 10 | 10 | 74 | 90 | 679 |
| 3 | 無処理 | 10 | 10 | 75 | 85 | 706 |

4. 効率性を重視した温湯処理方法

目的

ショウガの浸漬による温湯の水温低下を考慮した2段温度制御による温湯処理法を考案したが、現場で使用するためには、1処理当たり浸漬量の増加、処理作業の簡易化・効率化が必要である。そこで、より大型の温湯消毒機を用い2段温度制御よりも簡便な1段温度制御（図4：以下「1段温度制御法」）による温湯処理方法を検討した。

1) 大型温湯消毒機による1段温度制御法の水温変化

材料および方法

処理作業の効率性を高めるために、大型温湯消毒機を用いて1処理当たり浸漬量を増加させた。また、温湯消毒機の温度設定、種ショウガの浸漬量を見直し、処理作業を簡易化・効率化した1段温度制御による温湯処理方法を考案（図5）し、処理時の水温変化を調査した。2段温度制御法からの変更点は、①作業毎に浸漬開始温度と浸漬温度を変更する2段温度制御を51.5℃で固定する1段温度制御とした、②種ショウガの処理量は、ショウガの温度による換算を省略し、保管庫（約13℃）から出した種ショウガを直ちに処理しても水温が50℃を下回らない量とし、湯量に対して一定（30kg/湯量400ℓ）とした。作業手順は、浸漬温度を51.5℃に設定、水温が51.5℃に達した後、種ショウガを浸漬開始、10分浸漬後、引上げて流水で冷却する工程とした。処理は、2014年5月1日に諫早市貝津町の当センター実験棟内で、株式会社タイガーカワシマ製の温湯消毒機「湯芽工房マルチタイプYS-501M」（写真2：湯量400ℓ）を用いて実施した。



写真2 湯芽工房マルチタイプYS-501M

2) 1段温度制御法の防除効果

材料および方法

- (1) 試験場所
諫早市貝津町 当センター内露地
- (2) 耕種概要
品種：土佐1号
種子：前年度発病圃場から収穫した根茎
植付日：2014年5月2日
土壌の種類：細粒黄色土
栽植密度：1株/プランター（44×22×21cm，土容量約15ℓ）
- (3) 区制・面積
1区30株，反復なし
- (4) 処理時期・方法
試験区は、表11のとおりとし、各処理は、5月1日に実施した。温湯処理は、「湯芽工房マルチタイプYS-501M」を用いた。

表 11 試験区の構成

| No. | 処理区 | 処理方法 |
|-----|----------|---------------------|
| 1 | 1段温度制御法 | 浸漬水温範囲51.5℃～50℃，10分 |
| 2 | キャプタン水和剤 | 粉衣：根茎重量の2% |
| 3 | 無処理 | — |

(5) 調査月日・方法

6月24日, 7月1日, 9日, 15日, 29日, 8月5日, 12日, 21日および26日の計9回, 各区全株の発病の有無を調査し, 発病株率と防除価を算出した. 株の中の1茎でも発病すると発病株としてカウントした.

3) 生育への影響

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市小船越町 当センター内露地圃場

(2) 耕種概要

品種: 土佐1号

植付日: 4月24日

土壌の種類: 細粒黄色土

栽植密度: 畦幅60cm, 株間35cm

種子: 採種圃産の購入根茎

(3) 区制・面積

1区3.36㎡(1.2×2.8m, 16株), 3反復

(4) 処理時期・方法

試験区は, 表12のとおりとし, 各処理は, 4月23日に実施した. 温湯処理は, 「湯芽工房マルチタイプYS-501M」を用いた.

表12 試験区の構成

| No. | 処理区 | 処理方法 |
|-----|---------|----------------------|
| 1 | 1段温度制御法 | 浸漬水温範囲51.5℃~50℃, 10分 |
| 2 | 無処理 | — |

(5) 調査月日・方法

植付後, 出芽状況を随時調査し, 各区全株の草丈を8月12日と10月10日, 根茎重を10月28日に調査した.

結果および考察

1段温度制御法による温湯処理を行った結果, 水温は浸漬開始から約2分後に50.6℃に低下し, 処理開始8分後まではほとんど変化せず, その後上昇した. 水温は, 51.5~50℃の範囲内で推移し, 50℃未満への水温低下は認められなかった(図6).

本処理法による温湯消毒は, 対照のキャプタン水和剤区(粉衣処理)と同等の高い防除効果を示した(表13). また, 出芽, 草丈, 根茎重への影響は認められなかった(表14).

2段温度制御法の温度設定, 種ショウガの浸漬量を見直した1段温度制御法により処理作業の簡易化・効率化が図られた.

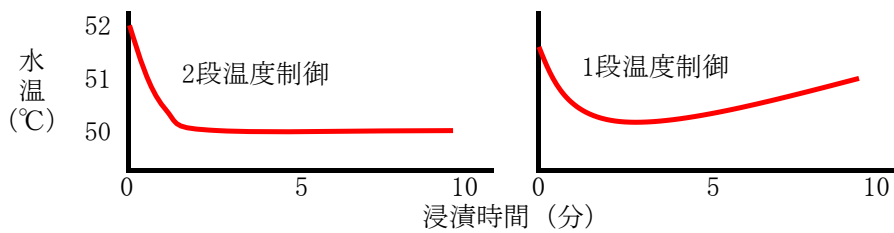


図4 温度制御方法の違いによる水温変化(イメージ)

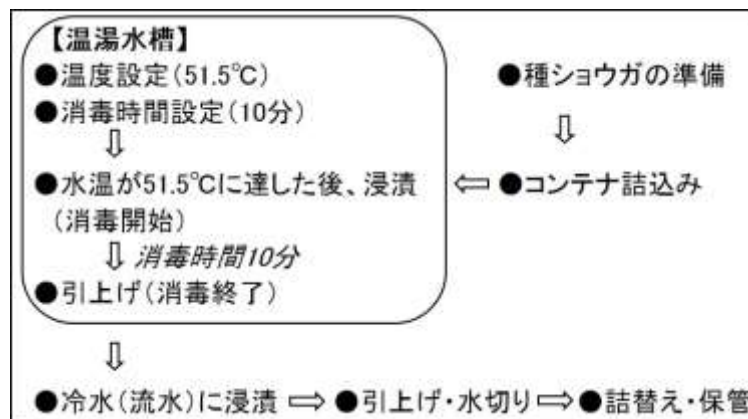


図5 1段温度制御法による温湯処理方法

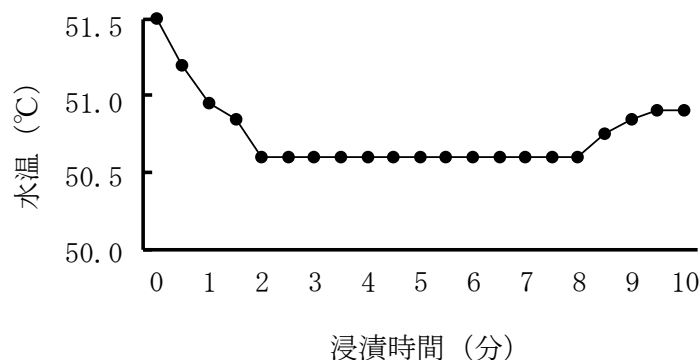


図6 1段温度制御法におけるショウガ浸漬後の水温変化 (YS-501M)

表13 ショウガ根茎腐敗病に対する防除効果 (1段温度制御法)

| 処理区 | 反復 | 調査株数 | 発病株率 | | | | | | 防除価 8/26 |
|--------------------------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|-------------|
| | | | 7/15 | 7/29 | 8/5 | 8/12 | 8/21 | 8/26 | |
| 1. 1段温度制御法 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | AV. | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2. キャプタン水和剤 粉衣：根茎重量2% | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | AV. | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3. 無処理 | 1 | 10 | 0 | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | |
| | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 3 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | |
| | AV. | | 0 | 6.7 | 6.7 | 10.0 | 13.3 | 20.0 | |

防除価：8月26日の発病株率の平均値より算出

表14 生育への影響

| 処理区 | 反復 | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 根茎重 (g/株) |
|------------|-----|-----|-----|---------|--------|-----------|
| | | | | 8月12日 | 10月10日 | 10月28日 |
| 1. 1段温度制御法 | 1 | 16 | 16 | 67 | 103 | 956 |
| | 2 | 16 | 16 | 80 | 115 | 1491 |
| | 3 | 16 | 16 | 81 | 116 | 1198 |
| | AV. | | | 76 | 111 | 1215 |
| 2. 無処理 | 1 | 16 | 16 | 78 | 114 | 1328 |
| | 2 | 16 | 16 | 79 | 116 | 1391 |
| | 3 | 16 | 16 | 76 | 102 | 1085 |
| | AV. | | | 77 | 111 | 1268 |

5. 温湯処理が種ショウガに与える影響

目的

種ショウガに対する温湯処理では、寺見⁷⁸⁾が56°C以上で処理した場合や処理後の余熱を室温で徐冷した場合、萌芽率が低下することを室内検定により報告しており、本報告でも2-2)において高温処理による影響を確認した。温湯処理による障害が現れる条件を確認することは、現場で作業工程を考える際の参考となる。そこで、処理時間および冷却方法が根茎や生育に及ぼ

す影響、さらには萌芽した根茎を処理した場合の影響を検討した。また、ショウガ栽培では、植付ける種子量が多く必要で、植付面積が大きい場合は、処理日数が必要となる。そこで、温湯処理後の保存期間についても検討した。

1) 処理時間の影響

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地

(2) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

植付日：2013年4月24日

土壌の種類：細粒黄色土

栽植密度：1株/プランター (60×26×27cm, 土容量約250)

(3) 区制・面積

1区 10株, 反復なし

(4) 処理時期・方法

処理時間は, 10分, 15分, 20分で実施し, 対照として無処理区を設けた. 処理は4月24日に2段温度制御法で「湯芽工房YS-101S」を用いて実施した.

(5) 調査月日・方法

植付後, 出芽状況を随時調査し, 各区全株の草丈を11月6日, 根茎重を11月20日に調査した.

2) 処理後の流水による冷却の有無が根茎に与える影響

(1) 根茎への影響

材料および方法

ア) 試験場所

諫早市貝津町 当センター実験棟内

イ) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

ウ) 区制

1区 10根茎

エ) 処理時期・方法

2014年5月21日に「湯芽工房YS-101S」を用いて50℃で10分処理し, 処理後, 外気中で徐冷した. 対照として処理後, 流水で冷却した.

オ) 調査月日・方法

処理後, 25℃の定温庫に保管し, 6月5日に, 萌芽・伸長した芽の中から各根茎上位2本の芽長を調査した.

(2) 生育への影響

材料および方法

ア) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地

イ) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

植付日：2014年5月8日

土壌の種類：細粒黄色土

栽植密度：1株/プランター (60×26×27cm, 土容

量約250)

ウ) 区制・面積

1区 10株, 反復なし

エ) 処理時期・方法

5-2) (1) 根茎への影響と同様

オ) 調査月日・方法

植付後, 出芽状況を随時調査し, 各区全株の草丈を8月15日と10月10日, 根茎重を10月22日に調査した.

3) 萌芽した根茎を処理した場合の影響

(1) 芽への影響

材料および方法

ア) 試験場所

諫早市貝津町 当センター実験棟内

イ) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

ウ) 区制・面積

1区 19~20根茎

エ) 処理時期・方法

芽の伸長程度を表15のとおり調整した根茎を処理した. 処理は, 2014年5月7日に1段温度制御で「湯芽工房マルチタイプYS-501M」を用いて実施した.

表15 試験区の構成

| No. | 温度・期間 | 芽の最大長 |
|-----|----------------------|-------|
| 1 | 25℃, 15日間 | 約30mm |
| 2 | 13℃, 5日間 → 25℃, 10日間 | 約15mm |
| 3 | 13℃, 10日間 → 25℃, 5日間 | 約5mm |
| 4 | 13℃, 15日間 | 0mm |

オ) 調査月日・方法

処理後, 25℃の定温庫に保管し, 5月21日(処理14日後)に, 芽の褐変・枯死状況, 処理後の萌芽を調査した.

(2) 生育への影響

材料および方法

ア) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地

イ) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

植付日：2014年5月8日

土壌の種類：細粒黄色土

栽植密度：1株/プランター（60×26×27cm，土容量約250）

ウ) 区制・面積

1区 10株，反復なし

エ) 処理時期・方法

5-3) (1) 芽への影響と同様

カ) 調査月日・方法

植付後，出芽状況を随時調査し，各区全株の草丈を8月15日と10月10日，根茎重を10月22日に調査した。

4) 処理後の保存期間が根茎に及ぼす影響

材料および方法

(1) 試験場所

諫早市貝津町 当センター内露地

(2) 耕種概要

品種：土佐1号

種子：採種圃産の購入根茎

植付日：2013年4月24日

土壌の種類：細粒黄色土

栽植密度：1株/プランター（60×26×27cm，土容量約250）

(3) 区制・面積

1区 10株，反復なし

(4) 処理時期・方法

3月6日（植付49日前），3月16日（植付40日前），3月25日（植付30日前），4月4日（植付20日前），4月14日（植付10日前），4月19日（植付5日前）に温湯処理後，植付まで約13℃の定温庫に保存した。処理は，2段温度制御法で「湯芽工房YS-101S」を用いて実施した。

(5) 調査月日・方法

植付直前にカビの発生状況を調査した。植付後（カビが発生した区は，見かけ上カビの発生が認められな

い根茎を植付），出芽状況を随時調査し，各区全株の草丈を11月6日，根茎重を11月20日に調査した。

結果および考察

処理時間は，温湯50℃の場合，15分では出芽・生育への影響は認められなかったが，20分では草丈がやや低くなった（表16）。

温湯処理後に外気中で根茎を徐冷した区は，流水で冷却した区と比較して，処理15日後（6月5日）の萌芽根茎率に差は認められなかったが，芽長が短い傾向が認められた（表17）。また，冷却方法の違いによる植付後の生育に差は認められなかった（表18）。

萌芽した根茎を処理し，25℃の定温庫で保管して調査した結果，芽の5～6割程度が枯死し，特に5mm以上に伸長した芽は8割以上が枯死した。さらに，処理後新たな芽が伸長せず，芽の数が0の根茎が認められた（表19）。また，処理後植付けた場合，萌芽した根茎を処理した区には欠株が認められた（表20）。出芽した株への生育・根茎重への影響は認められなかった（表20）。

温湯処理から植付けまで5～49日保存した結果，30日以上保存した区には，一部根茎にカビの発生が認められた（表21）。また，保存後の根茎を植付けた場合，30日と40日保存した区には，欠株が認められた（表21）。

以上の結果から，20分以上の処理，処理後の流水による冷却の省略，萌芽した根茎の処理は，出芽率低下や生育障害の可能性があると思われた。また，処理後カビが発生した場合，出芽率が低下する可能性があるため，保存期間はカビの発生が認められなかった20日以下が望ましいと考えられた。

表16 処理時間の影響

| 処理区 | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) 根茎重 (g/株) | |
|-----|-----|-----|-------------------|--------|
| | | | 11月6日 | 11月20日 |
| 10分 | 10 | 10 | 100 | 924 |
| 15分 | 10 | 10 | 97 | 869 |
| 20分 | 10 | 10 | 92* | 818 |
| 無処理 | 10 | 10 | 99 | 869 |

※ 表中の*はt検定により無処理に対して5%水準で有意差あり

表17 流水による冷却の有無が根茎に及ぼす影響

| 処理区 (流水による冷却) | 調査 根茎数 | 調査 芽数 | 6月5日 | |
|------------------|-----------|----------|-----------|---------|
| | | | 萌芽根茎率 (%) | 芽長 (mm) |
| 無 | 30 | 57 | 100 | 13.8* |
| 有 | 30 | 59 | 100 | 16.3 |

※ 表中の*はt検定により流水による冷却有に対して5%水準で有意差あり

表 18 流水による冷却の有無が生育に及ぼす影響

| 処理区 (流水による冷却) | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 塊茎重 (g/株) 10月22日 |
|------------------|-----|-----|---------|--------|---------------------|
| | | | 8月15日 | 10月10日 | |
| 無 | 10 | 10 | 68 | 101 | 793 |
| 有 | 10 | 10 | 75 | 101 | 850 |

表 19 萌芽した根茎に対する温湯処理の影響

| No. | 処理区 (芽の最大長) | 調査 根茎数 | 温湯処理 前の芽数 | 温湯処理により褐変・枯死した芽率 (%) | | 温湯処理後、新たな萌芽が 認められなかった根茎数 () 内は芽数が0となった根茎数 |
|-----|----------------|-----------|--------------|----------------------|---------|--|
| | | | | 全ての芽 | 5mm以上の芽 | |
| 1 | 約30mm | 20 | 67 | 55.2 | 82.9 | 5(2) |
| 2 | 約15mm | 20 | 68 | 66.2 | 92.1 | 6(2) |
| 3 | 約5mm | 20 | 42 | 48.7 | 100 | 4(3) |
| 4 | 0mm | 19 | 0 | — | — | 0 |

表 20 萌芽した根茎に対する温湯処理の生育への影響

| No. | 処理区 (芽の最大長) | 植付数 | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 根茎重 (g/株) 10月22日 |
|-----|----------------|-----|-----|---------|--------|---------------------|
| | | | | 8月15日 | 10月10日 | |
| 1 | 約30mm | 10 | 10 | 73 | 100 | 867 |
| 2 | 約15mm | 10 | 9 | 72 | 103 | 781 |
| 3 | 約5mm | 10 | 9 | 70 | 96 | 760 |
| 4 | 0mm | 10 | 10 | 75 | 101 | 850 |

表 21 温湯処理後の保存期間が根茎に及ぼす影響

| 処理月日 (保存期間) | 保存中の ^{※1} カビの発生 | 植付数 ^{※2} | 出芽数 | 草丈 (cm) | | 根茎重 (g/株) |
|-------------|-----------------------------|-------------------|-----|---------|--------|-----------|
| | | | | 11月6日 | 11月20日 | |
| 3月 6日 (49日) | + | 10 | 10 | 101 | 924 | |
| 3月15日 (40日) | + | 10 | 9 | 105 | 1050 | |
| 3月25日 (30日) | ++ | 10 | 8 | 89 | 786 | |
| 4月 4日 (20日) | — | 10 | 10 | 97 | 876 | |
| 4月14日 (10日) | — | 10 | 10 | 93 | 828 | |
| 4月19日 (5日) | — | 10 | 10 | 100 | 924 | |
| 無処理 | — | 10 | 10 | 99 | 869 | |

※1 ++ : 一部の根茎に発生 (他根茎への菌糸伸長あり)
 + : 一部の根茎に発生 (他根茎への菌糸伸長なし)
 — : 発生なし

※2 保存中にカビが発生した区は、見かけ上カビの発生が認められない根茎を植付

6. 総合考察

ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの温湯処理を検討した。種ショウガの温湯処理は、香川ら¹⁾が45℃の温湯に30分浸漬する処理方法を報告しているが、10a当たり600~700kg程度の種ショウガを必要とする大ショウガでは実用性が低いため、寺見⁷⁾⁸⁾は、処理時間を

短縮するために10分の加温で死滅する温度を検討(室内検定)し、50℃の温湯に10分浸漬する処理方法の有効性を報告している。そこで、本処理方法の防除効果をプランター試験で検証した。その結果、本処理方法は45℃、30分浸漬法に比べ短時間の処理で高い防除効

果を示し、根茎腐敗病に対する種ショウガの消毒方法として有効であることが確認できた。

温湯消毒の実用化を目指すために浸漬時の水温低下を考慮した2段階温度制御による温湯処理方法を考案した。本処理法は、可能な限り50℃、10分浸漬に近い処理とするために、50℃より高い水温で浸漬処理を開始することにした。浸漬開始温度は、寺見⁷⁾の温湯消毒時間10分の場合、萌芽根茎率、根茎当たりの芽数・芽重の減少は52℃まで認められないという報告から52℃とした。作業工程は、処理毎に2回温度設定（浸漬開始温度52℃と浸漬温度50℃）する2段階温度制御とし、処理量はショウガの温度（実測値：根茎内部）により処理毎に換算した。2段階温度制御法による温湯処理は、高い防除効果を示し、出芽、草丈、根茎重への影響も認められなかった。しかし、本処理法は、水温の安定性を重視しているため、温度設定の変更が複雑な点とショウガの処理量の換算が必要な点が欠点である。

温湯消毒の実用性を高めるためには、1処理当たり浸漬量の増加と2段階温度制御法の欠点を解決する必要がある。そこで、より大型の温湯消毒機「湯芽工房YS-501M」を用い2段階温度制御法の温度設定とショウガの処理量を見直した。温度設定を51.5℃（温湯消毒機の精度±0.5℃を考慮）で固定し、50～51.5℃の水温範囲内で処理する1段階温度制御とし、処理量は、湯量に対して一定量（30kg/400ℓ）とした1段階温度制御による温湯処理方法を考案した。1段階温度制御法による温湯処理は、高い防除効果を示し、出芽、草丈、根茎重への影響も認められなかった。本処理方法は、2段階温度制御の欠点である処理毎の水温設定の変更とショウガの処理量の換算が省略されたため、処理効率が高くなっている。更に、浸漬により低下した水温が処理中に上昇するため、2段階温度制御法に比べ設定温度（51.5℃）に短時間で復帰し、処理後、すぐに次の処理ができることも利点である。

温湯処理は、処理条件により萌芽、生育に障害を与えることがコンニャクで報告⁶⁾されている。ショウガにおいても、寺見⁷⁾は、56℃以上で処理した場合、萌芽率が低下することを報告している。本報告では、処理温度に加え、処理時間を検討した結果、処理温度52℃以上、処理時間20分で出芽、生育への影響が認められた。このことから防除効果が認められ、かつ萌芽、生

育への影響が小さい水温範囲は50～52℃、処理時間は15分以下と考えられた。処理後の余熱の影響は、流水による冷却の有無により芽の伸長に差が認められたものの、植付後の生育に影響は認められなかった。しかし、寺見⁸⁾は、室温で徐冷した根茎の萌芽率の低下を報告しており、外気温で徐冷した場合は、徐冷時の条件（処理後のコンテナの積み方、徐冷中の微気象）により影響に差が現れると考えられる。処理後の余熱の徐冷は、流水で強制的に徐冷する方法が、安全性の点から良いと思われる。萌芽した根茎の温湯処理は、処理による芽の消失や植付後の欠株が認められており、出芽率低下の危険性があると思われる。

温湯処理から植付けまでの期間は、温湯処理後約13℃の定温庫で保存した場合、植付け20日前までカビの発生、出芽率の低下が認められなかったことから20日以下が望ましいと考えられた。

湯量400ℓの温湯消毒機で1段階温度制御による処理を行った場合、温湯処理10分、水による冷却5分、浸漬による水温の低下が消毒終了後2分程度で復帰するので1時間に4サイクル（約120kg）の処理が可能である（図7）。1日に960kg（1サイクル30kg×32サイクル）処理した場合、1kg処理するための費用は、1.64円（図8）で、化学農薬（キャプタン水和剤：根茎重の2%粉衣）で処理した場合の薬剤費に比べ安価である。

根茎腐敗病に対する温湯による種ショウガの消毒は、種子消毒方法として効果が高く、環境にやさしい技術である。また、ショウガの収穫は、新ショウガだけでなく植付けた種ショウガも古ショウガとして収穫され、主に加工用として出荷されるが、化学農薬で消毒した種ショウガは、食用等に用いることができないため出荷できないのに対し、温湯で消毒した種ショウガは、出荷可能な点も温湯消毒の利点である。今後は、現場で作業性、生育への影響等を検証しながら実用性を高めていく必要がある。

最後に、本報告内容を基に作成した「ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの温湯消毒マニュアル」が国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター⁹⁾及び長崎県農林技術開発センター⁴⁾ ホームページに公開されているので活用いただきたい。

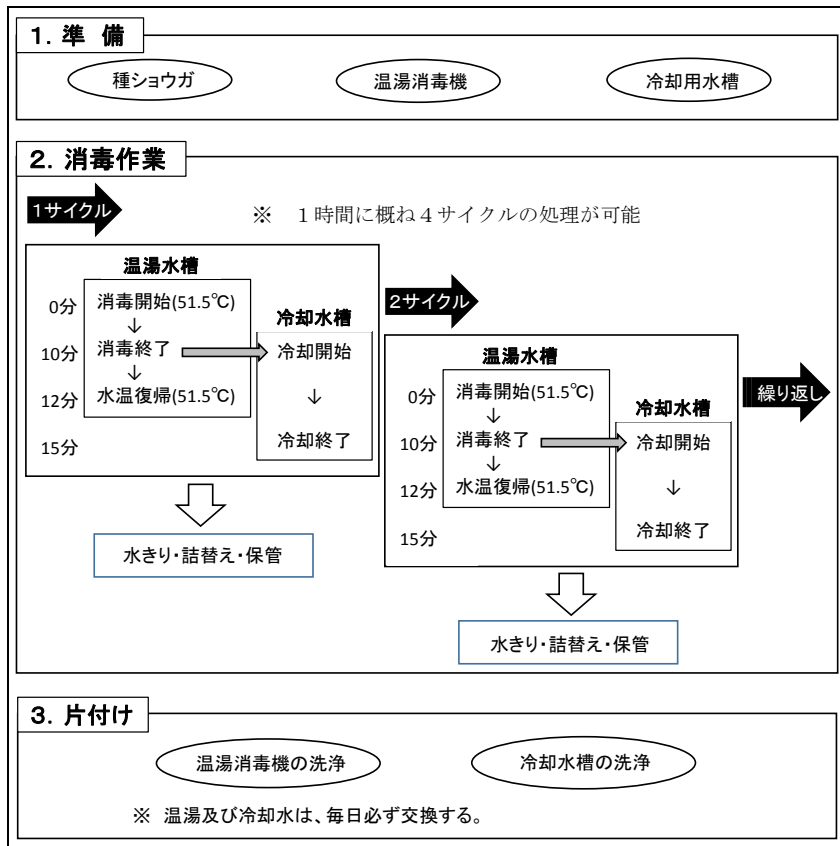


図7 温湯消毒作業の流れ

仮定条件
 水温：15℃
 処理温度・時間：51.5度・10分間
 使用機種：YS-501M（ヒーター6kW）
 処理量：120kg/h
 作業時間（温湯処理）：8h/日
 水道料金：1 m³ 159円（0～4m³まで）
 電気料金：1 kW/h 15.14円

I. 準備：YS-501Mで水400ℓの水を51.5℃に上昇

水道料金：0.4m³×159円=64円……………①

電気料金：4時間×6kW×15.14円=363円……………②
 ※YS-501Mで15℃の水を51.5℃まで上昇させるには約3～4時間必要

II. 作業：1日8時間温湯処理作業（32サイクル）を実施した場合

電気料金：(6.4+0.8)h×6kW×15.14円=654円……………③
 ※A. ヒーターが加温する時間が1サイクル12分間（常時稼働）
 （12分間×32サイクル 6.4時間）
 B. ヒーターが保温する時間が3分間（1/2稼働）
 （3分間×1/2×32サイクル 0.8時間）

水道料金：(0.2+0.5+2.4) m³×159円=493円……………④
 ※YS-501Mに継足す水量200ℓ、冷却用水槽に最初に張る水量500ℓ、
 冷却中に掛流す水量2400ℓ（1分間に5ℓ）

種シヨウガ1kgを処理するための費用
 (①+②+③+④)/960kg（1サイクル30kg×32サイクル）=1.64円

図8 ランニングコスト（目安）

7. 摘 要

- 1) ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの種子消毒法として、51.5～50℃の温湯で10分浸漬する温湯浸漬処理法を考案した。
- 2) 種ショウガの温湯消毒は、根茎腐敗病に対して高い防除効果を示した。
- 3) 本温湯消毒による種ショウガの処理量は、温湯400ℓに対して1時間に120kg可能である。

8. 引用文献

- 1) 香川晴彦, 深見正信, 村田昭夫: ショウガ根茎腐敗病に対する温湯および薬剤による種茎消毒, 関東東山病虫研報, 34, 88-89(1987).
- 2) 松尾和敏: ショウガ栽培に適用可能な代替薬剤, 植物防疫, 62(10), 526-528(2008).
- 3) 森山美穂, 古家忠, 行徳裕: ショウガ根茎腐敗病の薬剤防除体系, 熊本農研センター研報, 21, 19-30(2014).
- 4) 長崎県農林技術開発センター: ショウガ根茎腐敗病に対するショウガの温湯消毒マニュアル <http://www.pref.nagasaki.jp/e-nourin/nougi/> (2015年9月22日アクセス確認)
- 5) 難波信行, 松尾和敏: 露地栽培ショウガにおける根茎腐敗病に対する薬剤防除体系, 長崎農技セ成果情報(2011).
- 6) 柴田聡: コンニャクにおける種芋伝染性病原菌と生子の生育に及ぼす温湯浸漬処理の影響, 関東東山病虫研報, 58, 25-30(2011).
- 7) 寺見文宏: ショウガ根茎腐敗病のために種根茎の温湯消毒を短時間で実施するための温度条件について, 関西病虫研報, 54, 135-137(2012).
- 8) 寺見文宏: ショウガ根茎腐敗病防除のための種根茎消毒技術, 植物防疫, 66(12), 681-686(2012).
- 9) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター: 臭化メチルにたよらない作物の安定生産に向けて—臭化メチル剤から完全に脱却した栽培マニュアルの開発—http://www.naro.affrc.go.jp/narc/contents/post_methylbromide/index.html (2015年9月22日アクセス確認)

Summary

- 1) Hot water treatment at 50°C~51.5°C for 10 minutes was conceived as seed disinfection of ginger rhizome to root rot caused by *Pythium myriotylum* on ginger.
- 2) Hot water disinfection of ginger rhizome showed the high effect to root rot.
- 3) Amount of ginger rhizome immersion to hot water 400ℓ is 120kg for one hour.