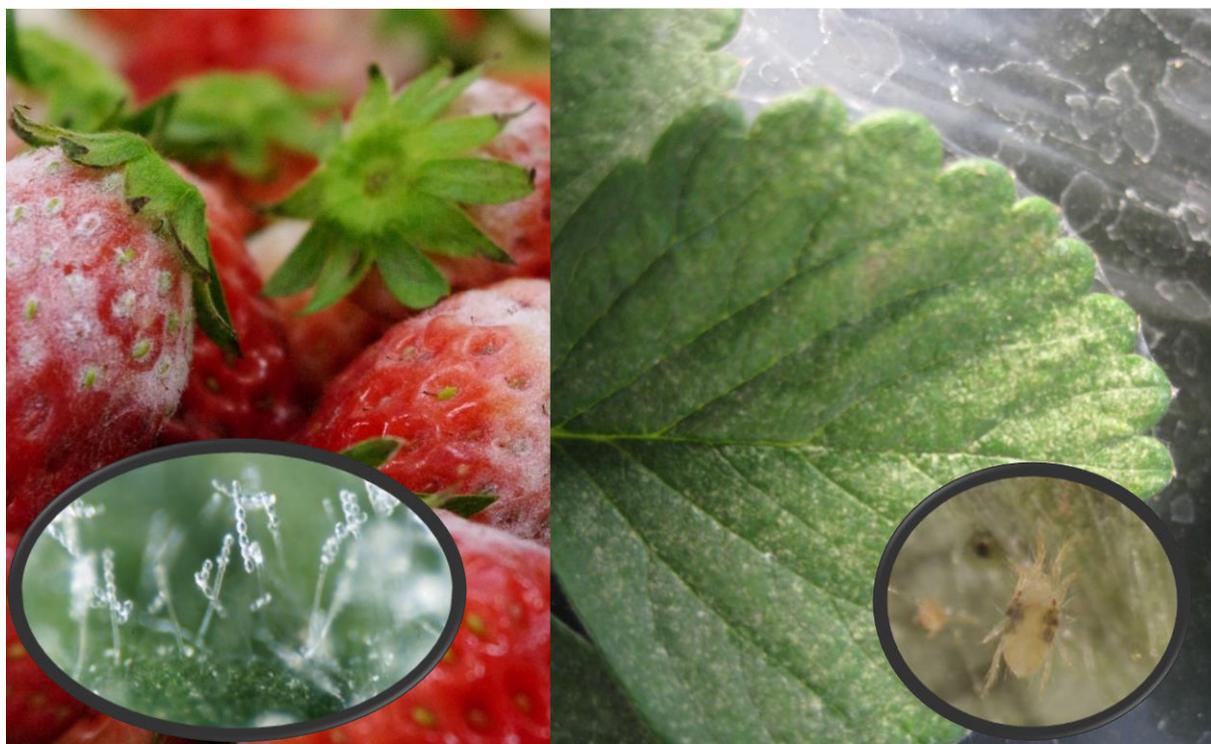


九州を中心とした暖地向け イチゴ苗蒸熱処理防除マニュアル 2017

農研機構九州沖縄農業研究センター 福岡県農林業総合試験場
佐賀県農業試験研究センター 熊本県農業研究センター (株) FTH





うどんこ病罹病果実

うどんこ病菌



ナミハダニに食害された葉

ナミハダニ



蒸熱処理装置
(夜冷蔵庫改造型)



蒸熱処理装置
(ポータブル型)

表紙写真の説明

はじめに

施設を利用したイチゴの促成栽培では、最近では化学合成農薬に対する抵抗性の発達により、病害虫の防除が困難になりつつあります。そのため熱処理をはじめとして物理的・耕種的な防除方法が開発されていますが、これまでに九州沖縄農業研究センターでは、熱処理方法として蒸熱処理による防除装置を、(株)FTH との共同研究により開発してきました。これは熱によりイチゴ苗の表面に寄生している、うどんこ病菌、ナミハダニなど病害虫を同時に殺菌殺虫できることが特徴です。このたび、平成 26 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(26069C 蒸熱処理は化学農薬無しで徹底消毒！クリーンなイチゴ苗から始まる防除体系を構築)による、福岡県、佐賀県農業試験研究センター、熊本県農業研究センター、(株)FTH、エモテント・アグリ(株)、三好アグリテック(株)との共同研究で、詳細な場内試験、現地実証試験を行い、それぞれの分野で研究開発の核となっていた方に本マニュアルを執筆いただくことで、蒸熱処理を核とした防除マニュアルを作ることができました。

このマニュアルでは、まずは 1 ページの「蒸熱処理工程図」で、蒸熱処理防除の全体を、次からの「I.イチゴ蒸熱処理 (ユーザー向け)」では作業工程ごとの注意ポイントを記載してあります。蒸熱処理後の防除や定植後の生育への影響については、さらに次の「II.イチゴ蒸熱処理 防除の例と苗に対する影響について (ユーザー向け)」に記載しました。さらに詳しい解説やデータを知りたい方や、病害虫防除の指導に当たる方は、「III. 蒸熱処理 装置、防除と苗の耐熱性(技術者向け)」をご覧ください。

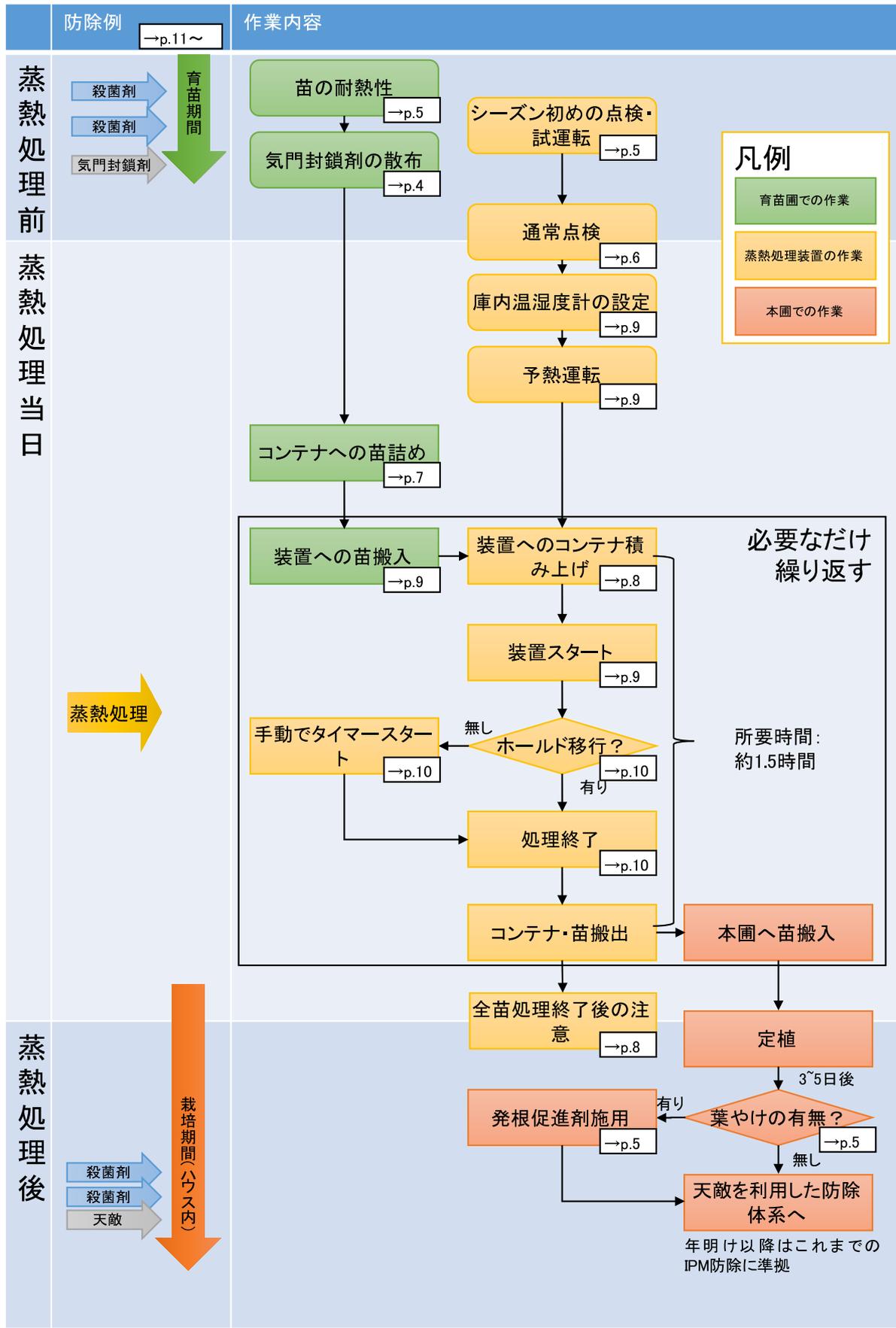
蒸熱処理は熱による防除なので、化学農薬と異なり処理後の残効性はありません。そのため、再感染などを防ぐための対策は必要となります。一方、苗の耐熱性が育苗条件で変化することがわかってきましたので、現時点ではこのマニュアルは、育苗方法が比較的似ている九州を中心とした暖地向けとしています。今後、各地での実証試験が行われることで、全国でも利用できるマニュアルに改訂できると考えています。蒸熱処理と天敵などの生物的防除、さらに化学農薬を組み合わせた防除体系は、効果的・効率的な防除につながり、イチゴの安定生産に寄与するようになるでしょう。

(九州沖縄農業研究センター 高山智光)

目次

蒸熱処理工程図	1
I. イチゴ蒸熱処理（ユーザー向け）	3
1. 蒸熱処理とは	3
2. 蒸熱処理により何が防除できるのか	4
3. 蒸熱処理と苗の耐熱性	5
4. 装置の設定・注意点	5
(1) シーズン初めに使うときの注意	5
(2) 装置を使う前の通常点検	6
(3) コンテナへの苗の詰め方	7
(4) コンテナの積み上げ	8
(5) 装置を使い終わった時の注意	8
5. 蒸熱処理の工程	9
(1) 庫内温度計(乾球)、庫内湿度計(湿球)、葉温度計の設定	9
(2) 予熱運転	9
(3) 苗を入れたコンテナの搬入	9
(4) 蒸熱処理の開始から終了まで	10
(5) 【重要ポイント】もし、ホールドにならなかつたら	10
(6) 処理終了後の冷却	10
II. イチゴ蒸熱処理 防除の例と苗に対する影響について（ユーザー向け）	11
1. ナミハダニの防除(福岡県の例)	11
(1) 場内試験に基づく蒸熱処理を組み合わせた防除体系(案)	11
(2) 現地試験	12
2. うどんこ病の防除(佐賀県の例)	14
(1) 効果試験	14
(2) 現地試験	15
3. 定植後の生育への影響について(熊本県の例)	18
(1) 現地試験	18
III. 蒸熱処理 装置、防除と苗の耐熱性(技術者向け)	19
1. イチゴ苗蒸熱処理技術の概要	19
2. 蒸熱処理装置について	19
(1) 蒸熱処理の原理	19
(2) 蒸熱処理装置の温湿度の制御	20
(3) 差圧通風	21
(4) 葉温度計とタイマーの連動	23
3. 害虫に対する効果	24
(1) ナミハダニに対する防除効果	24
(2) その他の害虫に対する防除効果	25
4. 病害に対する効果	26
(1) うどんこ病に対する防除効果	26
(2) その他の病害に対する防除効果	27
5. イチゴ苗の耐熱性について	28
(1) 蒸熱処理時期の影響	28
(2) 蒸熱処理方法と品種の影響	29
(3) 蒸熱処理による葉やけ程度と年内収量の関係	30
謝辞	31
参考文献	31

蒸熱処理工程図



		定植												
月	旬	9 中下	10 上	10 中	10 下	11 上	11 中	11 下	12 上	12 中	12 下			
ナミハダニうどんこ病	蒸熱処理	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
	気門封鎖剤	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
	慣行・天敵防除	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
ナミハダニうどんこ病	蒸熱処理	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
	気門封鎖剤	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
	慣行・天敵防除	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
ナミハダニうどんこ病	蒸熱処理	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
	気門封鎖剤	化学農薬							化学農薬				化学農薬	
	慣行・天敵防除	化学農薬							化学農薬				化学農薬	

図 蒸熱処理を組み込んだ防除と慣行・天敵防除の、年内防除スケジュール例の比較

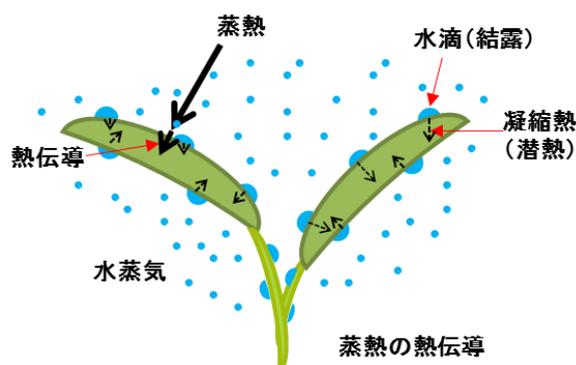
黄色は化学農薬、薄緑色は非化学農薬

蒸熱処理を組み込むことで、薬剤抵抗性が発達したナミハダニも防除でき、うどんこ病の防除回数も削減できる

I. イチゴ蒸熱処理 (ユーザー向け)

1. 蒸熱処理とは

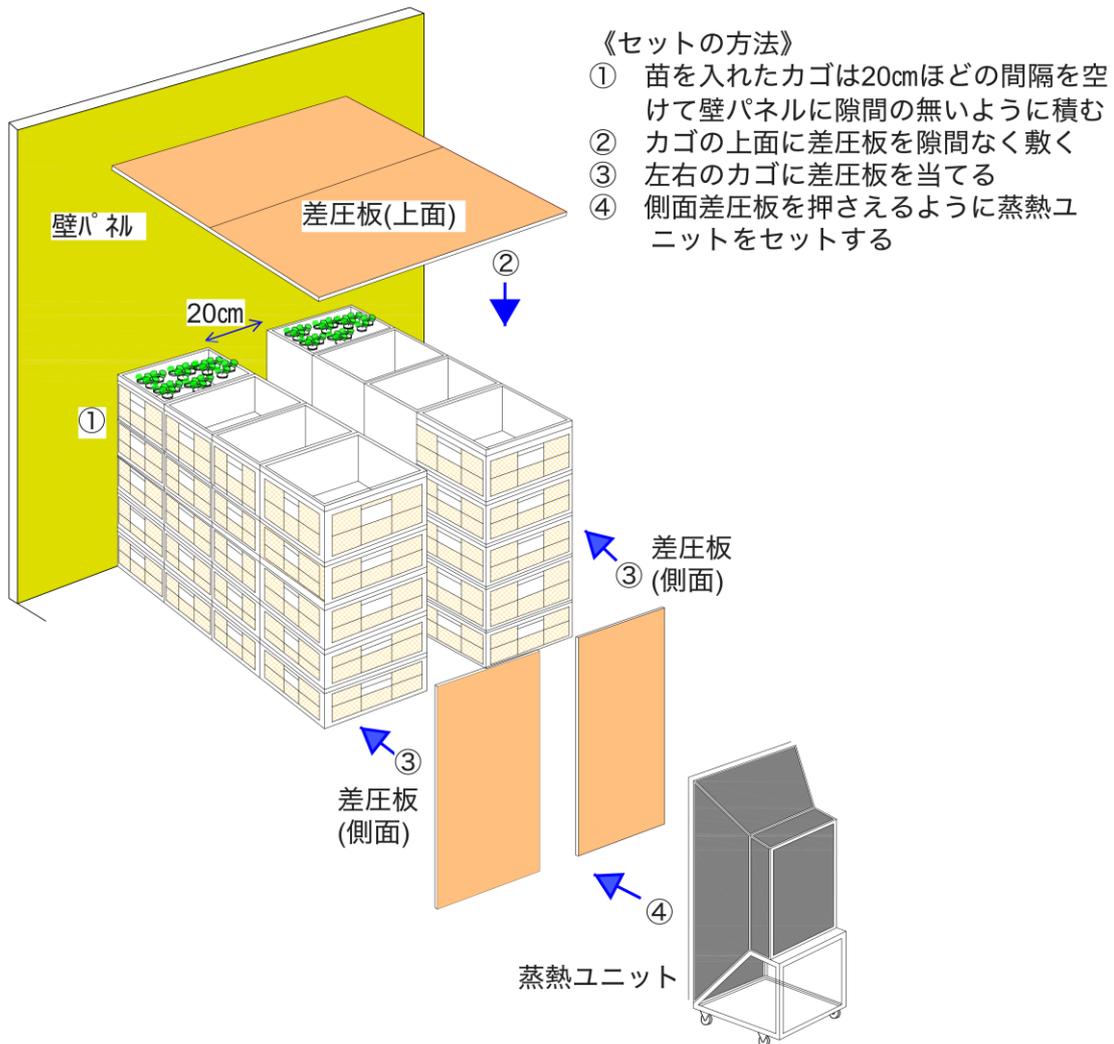
蒸熱処理は相対湿度 100%の飽和水蒸気による熱処理です。生果実に寄生するミバエの卵や幼虫を飽和水蒸気の熱で殺虫するために 1910 年代にアメリカで研究が始められました。日本では 1968 年、ハワイ産パパイヤの輸入解禁のための殺虫方法として農林水産省の消毒基準となりました。現在は、マイコンによる温湿度の精密制御と、差圧通風による均一な通風とを組み合わせ、東南アジアを中心とした諸外国から、日本・韓国へ熱帯性果物を輸入する際の植物検疫方法として認可され、多くの果物などに使用されています。その特徴は以下のようになります。



- 飽和水蒸気による高い湿度が水分蒸散を防ぎます。
 - 表面での結露発生時に生じる、凝縮熱(水蒸気の潜熱)が熱伝導にプラスして働きます。
 - 付着結露が熱を受ける表面積を増加させ、熱伝導の効率を良くします。
- イチゴ苗の熱処理に用いると、以下のような特徴があります。

- 高い湿度が葉からの水分蒸散を防ぎ、気化熱による熱ロスが生じない。
- 乾燥による萎れが起きない。
- 葉の裏表、クラウン部などの違いがなく均一に温度上昇する。

葉温を測りながら蒸熱処理を行うので、苗のダメージを最小限にしなが、表面に寄生する病害虫だけを殺虫殺菌できます。



プレハブ冷蔵庫内のコンテナの積み方と差圧板・蒸熱ユニットのセット

((株)FTH 脇田修一)

2. 蒸熱処理により何が防除できるのか

イチゴ苗の蒸熱処理は、葉温が 50℃に達してから 10 分間同じ温度を保ちます。この条件でイチゴ表面に寄生している病害虫を殺虫殺菌します。現在までに効果が確認されたものは、うどんこ病、ナミハダニの卵・幼虫・成虫、アブラムシ類です。これらの病害虫は 50℃10 分間の蒸熱処理でほぼ死滅するので、一度の処理で同時に防除ができます。また化学合成農薬とは作用が全く異なっているので、薬剤抵抗性が発達してしまった病害虫でも無関係に殺虫殺菌できます。しかし、クラウン部の内部やポットの土の中は 50℃まで上昇しませんので、このような部分に入り込んでしまった病原菌(炭疽病・萎黄病など)や害虫(ヨトウムシ老齢幼虫・コガネムシ幼虫など)には効果は期待できません。一方、感染している炭疽病・萎黄病の発生を助長することはありません。

蒸熱処理は熱によって直接病害虫を死滅させるため、化学農薬のような残効性はありません。また、イチゴ苗がうどんこ病に強くなるような効果もありません。そのため、処理後の防除を怠ると、せっかくクリーンになった苗に、再度病害虫が寄生する可能性があります。また、処理温度を高くすると防除効果は高くなりますが、苗が高温に耐えられなくなります。そのため、本マニュアルでは 50℃10 分間処理を推奨しています。この条件でのハダニの防除効果は化学合成農薬並みの 90%程度になりますが、蒸熱処理の前後に気門封鎖剤(サフオイル乳剤など)を散布すると、より効果的な防除ができます。蒸熱処理を組み込んだ防除体系については、詳しくは後述(11 ページ以降)の各県事例を参照してください。

3. 蒸熱処理と苗の耐熱性

九州では促成作型での一季成り性イチゴの育苗は、初夏から9月頃まで行われます。育苗されている苗は盛夏期の高温に耐えられるようになりますが、平成 26～28 年の試験研究成果に基づき、このマニュアルで想定している苗は以下のような苗です。

- ポットサイズ 9cm 以上
- クラウン径 10mm 程度
- 高冷地での育苗や、強度の遮光(50%を超える)をしていない
- 夏季は 35℃程度の高温にさらされていた
- 育苗期間 10 週程度以上(苗取り6月上旬～)

また、蒸熱処理を行うタイミングとしては以下を想定しています。

- 定植前の苗の移動時
- 夜冷(短日夜冷処理)・株冷(低温暗黒処理)をする場合は、その前

このような苗の蒸熱処理による耐熱性を検討すると、定植前の 50℃10 分間処理であれば、幾分かの葉やけ症状(葉面積で 20%以内 下の写真程度)が発生する場合があるものの、その後の生育や年内収量などへほとんど影響はないことがわかっています。しかし、これよりやや強い条件(52℃4 分間処理)の場合、葉やけ症状が大きくなり、苗に対するダメージが大きくなる場合があります。



さがほのか



紅ほっぺ

(写真:熊本県農業研究センター 田尻一裕)

上の写真のような葉やけ症状は、蒸熱処理直後ではなく、数日経過してから発生します(写真は処理 6 日後)。また、展開途中の新葉に縁枯れやチップバーンのように発生することもあります。このような葉やけ症状は、熱による根傷みが原因だろうと推定しています。そのため、蒸熱処理の際には処理直後に十分な灌水を行い、ポット内部の温度を下げ、根傷みを少なくすることが有効と考えられます。苗をコンテナに詰め込む際に、互いのポットを密着させ、気流がポット部分に流れないようにすると、根の温度が上がらず、葉やけや収量への影響を減少できます。また、定植後に葉やけの発生を確認してからでも、根の賦活剤として、コリン含有肥料(根っこりん(生科研)など)を用いると、生育への影響を減らす効果があります。

4. 装置の設定・注意点

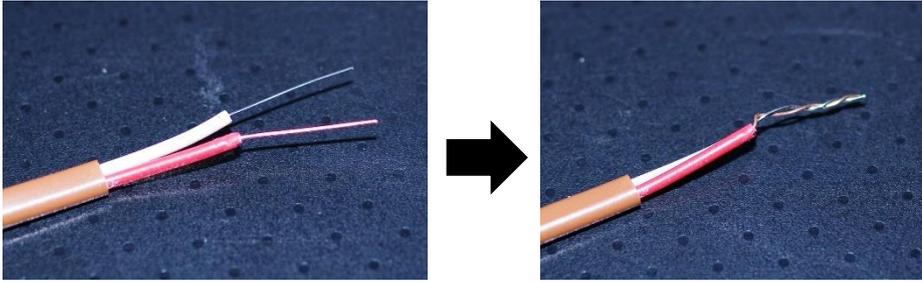
蒸熱処理装置付属の説明書をよく読み、正しく使ってください。以下は説明書の中でも注意すべきポイントを列挙してあります。

(1) シーズン初めに使うときの注意

以下の点検ポイントを確認の上、苗の処理をしてください。

葉温センサーが傷んでいないか？断線していないか？

葉温センサーは熱電対(2 種類の金属線をよりあわせたもの)なので、導線がむき出しになっています。錆びたり断線したりするとセンサーとして使えません。そのようなときは、先端を切り落とし、むき直してよりあわせ、元の状態に戻してください。



加湿ノズルが詰まっているか？

加湿用のチューブに水が残ったまま長期間放置すると、加湿ノズルから滲み出した水がそこで蒸発し、カルシウム分などが固まりノズルを詰まらせることがあります。清掃あるいは交換してください。

湿球用ガーゼの汚れ、あるいはカルシウムなどで固まっているか？

温湿度センサーボックスの水槽の水を放置すると湿球用ガーゼにカルシウム分などが固まり、水の吸い上げが悪くなります。ガーゼを交換してください。

(2) 装置を使う前の通常点検

蒸熱処理当日は、装置の予熱を兼ねた試運転をして、異常がないことを確かめてから、苗を入れてください。

電源ケーブルや加湿チューブなど、各種ケーブル類に傷みはないか？

蒸熱処理中は高湿度になります。ケーブルにキズや亀裂などがあると、機器の誤作動、故障、漏電、感電などの事故の原因になります。

温湿度センサーボックスに水が入っているか？

水槽の水が入っていないと湿度測定ができません。湿球が乾燥していると、乾球との温度差がなくなり、加湿されなくなります。



湿球用ガーゼが破れていないか？

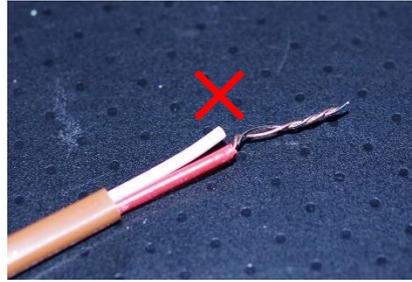
ガーゼが破れていると湿球が乾燥し、正しい測定ができません。交換してください。交換の際には湿球用と乾球用のセンサーを間違えないようにしてください。

送風ファンやヒーターに枯葉や異物が絡み付いていないか？

枯葉や異物が絡みつくと、ファンの異常動作、ヒーターに加熱され発火の危険があります。電源を切り、ファンが止まっていることを確認し、除去してください。

葉温センサーが傷んでいないか？断線していないか？

葉温センサーは細いので葉柄にひっかけたままケーブルを無理に引っ張って外すと断線することがあります。写真のように断線するとセンサーとして使えません。そのようなときは、先端を切り落とし、むき直してよりあわせ、元の状態に戻してください。



(3) コンテナへの苗の詰め方

苗はコンテナからはみ出していないか？

使用するコンテナは側面開口面積ができるだけ大きいもの、かつ底面は網目でないものの方がよいでしょう。下の図のコンテナは三甲(株)サンテナーB#50(内寸 約48×33×30cm)をモデルにしています。苗が大きすぎたり徒長していたりしてコンテナからはみ出すほど大きいと、コンテナの間でつぶれたり、葉が重ねたコンテナの底にあたって、十分に気流に当たらなくなります。また葉温が十分上昇しないために防除効果が不十分になります。徒長しないような育苗をするか、コンテナを変えてください。コンテナを変えたときは差圧板の大きさも変えることになります。差圧板は、コンテナを覆うように適した大きさに、ベニヤ板などを切って作成します。

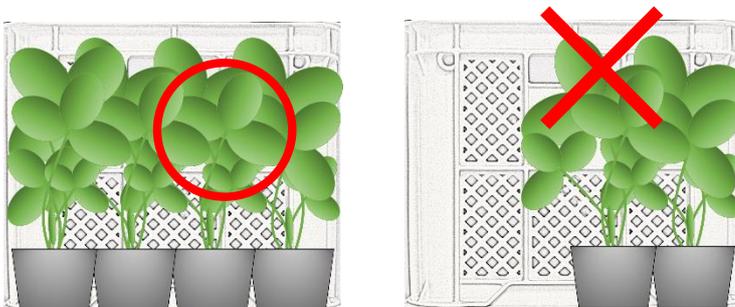


苗がコンテナに対して小さすぎないか？

苗が小さすぎるとコンテナ内部のスキマが大きすぎるので、気流がそちらを通過してしまい、葉に十分気流が当たらなくなります。また、ポットのサイズは9cmを基準にしています。小さすぎるポットは、内部の温度が早く上昇するため根傷みの恐れがあります。

苗はコンテナ内の気流に対して均一に詰められているか？

コンテナ内部で苗が片寄っていると、スキマの多いほうに気流が流れ、葉が重なり合った部分には十分に流れず、葉温が十分上昇しないために防除効果が不十分になります。気流の流れる方向から見て均一になるように配置してください。



ポットの間にはスキマはないか

コンテナ内部ではポットが互いに密着しているのですが、ポットの温度が上がりにくくなっていますが、離れていると温度が上がり、根傷みの原因になると考えられます。ポットはスキマなく詰め込み、コンテナとの間が空くときは、気流が通らないよう断熱の詰め物をするといでしょう。

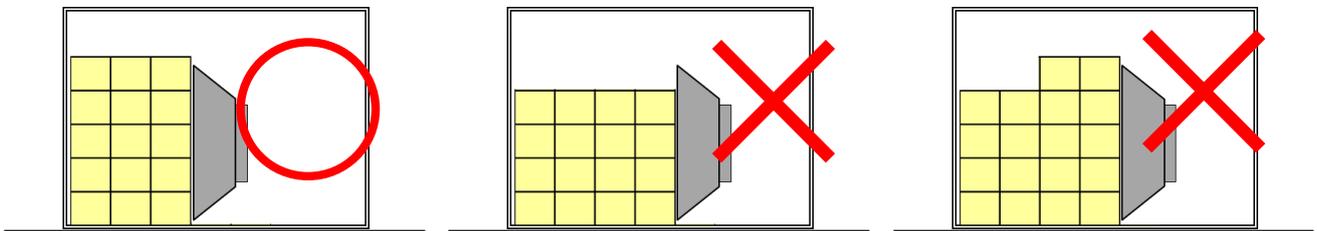
(4) コンテナの積み上げ

高さは5段に積んでいるか？

コンテナの高さは、蒸熱処理ユニットの高さより低くならないようにしてください。コンテナの種類を変えたりした場合は、コンテナを覆う差圧板の大きさも変える必要があります。

空のコンテナはないか？

空のコンテナがあると、気流がそこだけを通ってゆくようなバイパス経路になってしまい、苗のスキマには通らなくなってしまいます。その結果、蒸熱処理が失敗しますので、空のコンテナができないようにコンテナの数を調整するか、空コンテナの開口部を板などでふさぎ、バイパス経路ができないようにしてください。



差圧板はコンテナ上部、コンテナの蒸熱ユニット側をスキマなく覆っているか？コンテナの間に大きなスキマはないか？

差圧板やコンテナ間にスキマがあると、そこから気流が流入し、バイパス経路になってしまいます。苗に気流が当たらないと葉温が上がらなかつたり、バイパス経路のせいで庫内の温度分布が不均一になる恐れがあります。スキマがないように並べ替える、差圧板の大きさを変更するなどしてください。

左右のコンテナの間に 20cm のスキマを開けたか？

左右のコンテナ間の 20cm のスキマは差圧が発生し、気流の通り道として重要です。必ず確保してください。

(5) 装置を使い終わった時の注意

処理庫内の乾燥は十分か

処理庫内は防水されていますが、蒸熱処理ではわずかなスキマから水分が内部に入り込み、結露しています。処理終了後の乾燥が不十分だとカビの原因になるばかりでなく、装置や処理庫そのものの腐食の原因になりますので、十分に乾燥させてください。

水槽や加湿チューブ・タンクの水は抜いたか

水槽・加湿チューブ・タンクなどに水が残ったまま長期間放置すると、内部の水が蒸発し、残ったカルシウム分によってガーゼが汚れたりノズルが詰まったり故障の原因になります。水が残らないように十分排水してください。

ファン・ヒーターに異物が付着していないか

ファン・ヒーターに異物を付着させたままにしておくと、こびりつき除去できなくなります。異常加熱、発火の原因になるので除去してください。

5. 蒸熱処理の工程

(1) 庫内温度計（乾球）、庫内湿度計（湿球）、葉温度計の設定

それぞれの設定初期値は以下を参考にすること。

庫内温度計:49.5℃、庫内湿度計:49.1℃、葉温度計:49.0℃



この蒸熱処理装置では湿度は湿球温度の制御で代用しているため、50℃に設定すると 0.5～1℃ほど高めに実測される傾向があります。この設定初期値で処理を開始し、10 分間のホールド中に 51℃以上にならないことを確認してください。葉温度計は庫内温度計より常に低めに設定してください。同じ設定値にするとホールドタイマーが作動しない原因になります。

(2) 予熱運転

苗を入れる前に装置内部の温度や湿度を上げておくと、苗を入れてからの温湿度の上昇が早くなります。処理当日の装置の試運転にもなりますので、蒸熱処理を行う日は必ず直前に予熱運転を行ってください。

(3) 苗を入れたコンテナの搬入

前ページまでの注意点のように、コンテナ内部に流れる気流にムラができないよう、また、差圧板とコンテナのスキマに留意して、コンテナを積み上げてください。積み上げた左右のコンテナの中央付近の苗の葉柄先端（複葉の分かれ目）に、葉温センサーの裸線を曲げて挟み込むように取り付けてください。



(4) 蒸熱処理の開始から終了まで

蒸熱処理装置の内部温度上昇のしかたや、スタートから処理終了までにかかる時間は、装置を設置したプレハブ冷蔵庫の形状・大きさ、外気温、処理する苗数の多少などによって変化します。最高気温が 30℃以下の場合には苗の温度も下がっていて、スタートからホールドまでに長時間(例えば 1.5 時間以上)要する場合があります。苗に障害が大きく出ることがありますので、**外気温が 20℃以下のときは定植用苗の処理はしないほうがよいでしょう**。また初めて使う場合は、少ない苗数から始め、スタート後、温度上昇からホールドに移行するまでの時間や、内部温度と葉温の関係を確認しながら、処理を行ってください。このとき決して無人運転はしないでください。処理する苗数をそれまでより大幅に増加させる場合も、スタートからホールドに移行するまでの時間が大きく増加しますので、温度変化を確認しながら処理を行ってください。

(5) 【重要ポイント】もし、ホールドにならなかつたら

通常、庫内温度計が設定値(例えば 50℃)を示し、湿度計も十分な湿度である 95%以上(温度計が 50℃の時に 49.1℃以上)になっていれば、1分以内に葉温も庫内温度に近づきホールドタイマーが作動します。もし2分以上かかるようであれば、葉温センサーが外れているかコンテナに触れているなどしている可能性があります。そのような時は**手動に切り替えてタイマーを作動させてください**。葉温センサーに異常がないのにホールドにならない(葉温と庫内温度がほぼ同じになっている)場合は、庫内温度に対して葉温度計の設定値が高すぎると考えられますので、次に行う処理から、葉温度計をさらに 0.5℃下げて設定しなおしてください。

(6) 処理終了後の冷却

この装置には冷却機能はありませんので、蒸熱処理が終了したら、すぐに扉を開き外気を導入して、内部温度を下げてください。装置のファンは余熱除去のため 1~2 分間回転を続けますので、ファンの回転が止まってから苗コンテナの搬出をしてください。処理後の苗はポット内部の温度を下げるため、株元に十分散水してください。

(九州沖縄農業研究センター 高山智光)

II. イチゴ蒸熱処理 防除の例と苗に対する影響について (ユーザー向け)

1. ナミハダニの防除（福岡県の例）

(1) 場内試験に基づく蒸熱処理を組み合わせた防除体系（案）

前述した通り、蒸熱処理はナミハダニだけでなくうどんこ病に対しても高い防除効果が得られる。ただし、残効性は無いため、蒸熱処理前後に気門封鎖型薬剤を含む薬剤防除を組み合わせて、効率的に防除する必要がある(表 II-1-1)。

感受性低下が確認されている薬剤の連用は避け、気門封鎖型薬剤を組み合わせると良い。この他に、蒸熱処理前のモベントフロアブルの灌注処理も高い効果が得られると考えられる。

なお、本試験では、植物体への影響も経時的に調査を実施したが、萎凋・枯死株や出蕾・開花遅延も認められず、生育に対する影響はなかった(図 II-1-1)。

時期		早期作型		普通促成作型	
		夜冷	株冷	普通	
8月中旬～9月上旬	入庫7日前	薬剤防除	薬剤防除		
	入庫3日～前日	薬剤防除	薬剤防除		
		蒸熱処理			
9月中旬	定植7日前				薬剤防除
	定植3日前				薬剤防除
	定植前日～定植前	夜冷処理	株冷処理		蒸熱処理
		定植			
10月下旬	定植10日後			薬剤防除	
	定植20日後			薬剤防除	
	定植30日後			薬剤防除＋天敵放飼	
:	:			:	

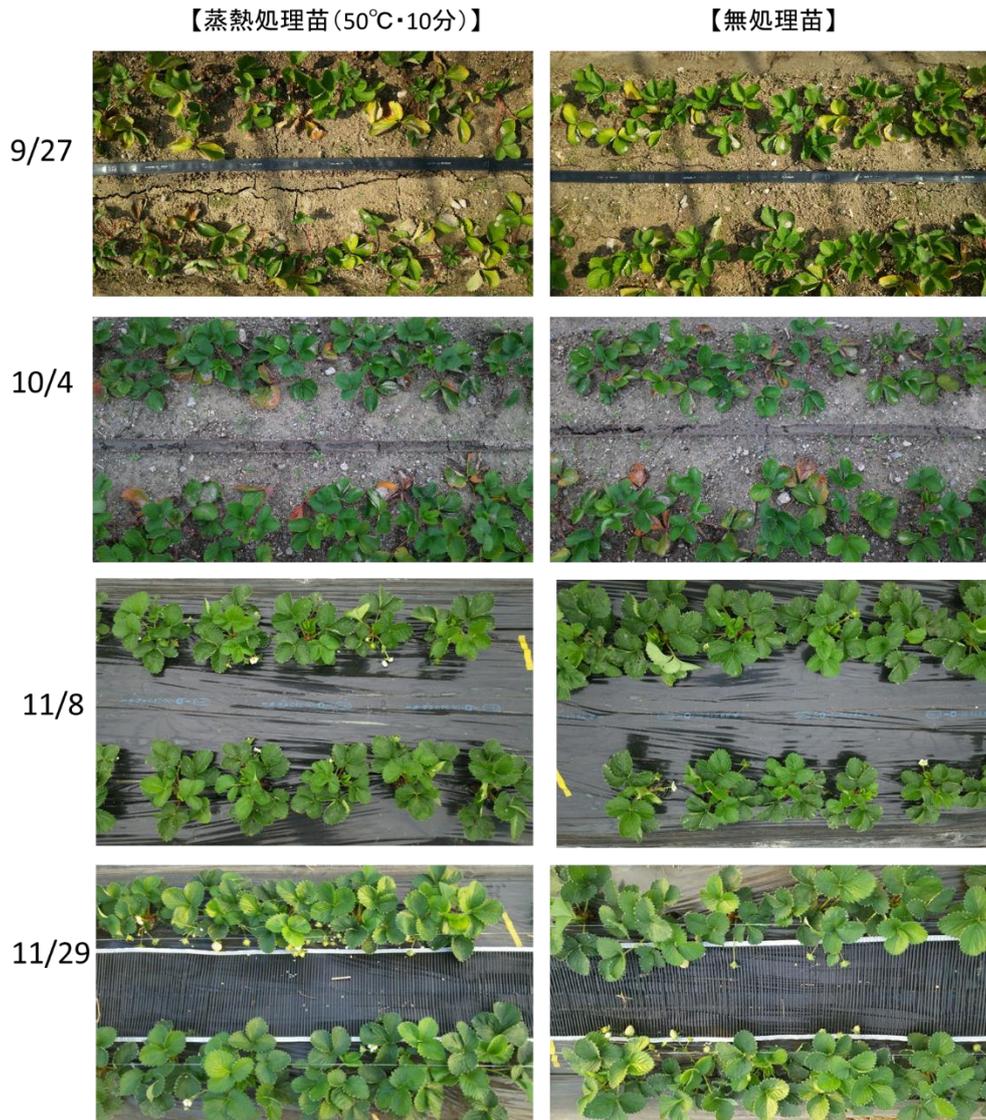


図 II-1-1 蒸熱処理後の生育概況

注) 1.平成 28 年 8 月 23 日(低温暗黒処理前)に蒸熱処理を実施、9 月 16 日定植
2.処理区(左)は無処理区(右)と比べても悪影響はない

(2) 現地試験

平成 28 年度の現地実証試験(8 月 20 日に、500 株の現地育苗の苗に 50℃・10 分の蒸熱処理を実施)では、処理後に苗の一部で葉やけ症状を確認したが、その程度は軽微であり、その後のイチゴの生育や出蕾・開花状況に影響は認められなかった。

また、蒸熱処理と薬剤防除を組み合わせた体系により、本圃におけるナミハダニの発生を 1 月上旬まで蒸熱処理無実施区よりも低く抑えることができた(図 II-1-2)。

蒸熱処理区: ▽ ↓ ▽ ▽ ▼ ▽ ▼
 対照区: ▽ ▽ ▽ ▼ ▽ ▼

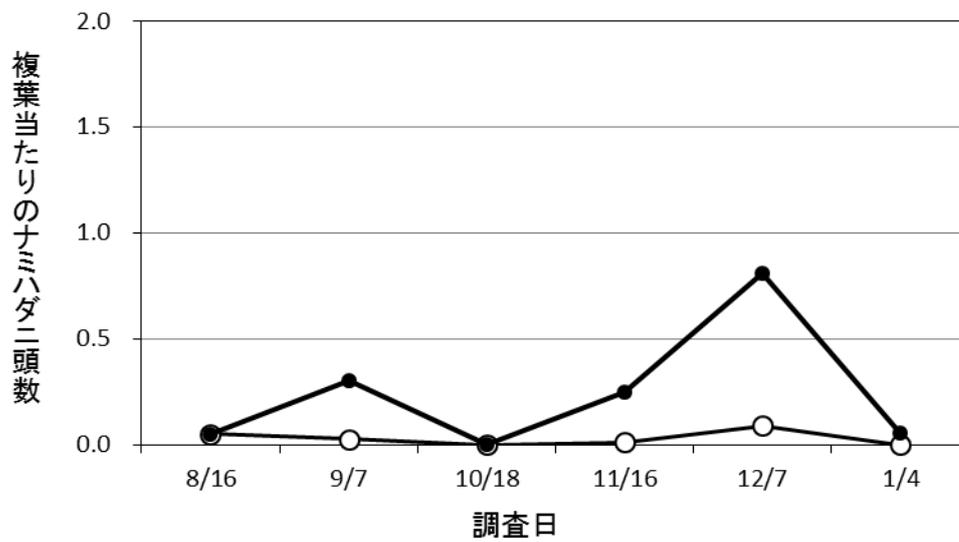


図 II-1-2. 定植前 50°C・10 分間の蒸熱処理によるナミハダニ防除効果

注) 1. ○: 蒸熱処理実施区、●: 蒸熱処理無実施区を示す
 2. ▽: ナミハダニ防除、▼: 天敵放飼、↓: 蒸熱処理を示す

(福岡県農林業総合試験場 柳田裕紹)

2. うどんこ病の防除（佐賀県の例）

（1）効果試験

蒸熱処理、硫黄くん煙処理および必要最小限の薬剤防除を組み合わせた「蒸熱処理＋省防除区」では、「慣行防除区」と比較して、イチゴうどんこ病を対象とした化学農薬使用回数（成分数）が半減し、かつ、本病の発生を低く抑えることができた（表 II-2-1、2）。

なお、蒸熱処理後に苗の一部で葉やけ症状を確認したが（図 II-2-1）、その後のイチゴの生育や出蕾・開花状況に影響は認められなかった。

表 II-2-1 苗での蒸熱処理を組み入れた防除体系による本圃のうどんこ病の防除効果
（平成26年9月25日定植、品種さがほのか）

年 月 日	蒸熱処理＋省防除区		慣行防除区		無防除区	
	蒸熱処理・薬剤防除	うどんこ病 発病小葉率	薬剤防除	うどんこ病 発病小葉率	薬剤防除	うどんこ病 発病小葉率
		%		%		%
2014 9 22	蒸熱処理 (50℃、10分) (定植)	4.9	サンヨール500倍	4.3	(定植)	3.7
24			フルピカフロアブル2,000倍			
25			(定植)			
10 2		0	ガッテン乳5,000倍	0.5		10.4
3			園芸ボルドー800倍			
9		0	シグナムWDG2,000倍	0.5	シグナム WDG2,000倍	61.0
16			サンヨール500倍			
24		0.3	パンチョTF顆粒水和剤2,000倍	0.1		49.3
30			フルピカフロアブル2,000倍	0		69.3
11 13	フルピカフロアブル2,000倍	1.0	フルピカフロアブル2,000倍	0		69.3
15						
17	硫黄くん煙(1時間/毎日開始)		硫黄くん煙(1時間/毎日開始)			
18						
12 4		1.3		0		93.5
5	ラー水水和剤4,000倍 ピクシオDF2,000倍		ラー水水和剤4,000倍 ピクシオDF2,000倍			
12						
25		0		0		100
26	ベルコートフロアブル2,000倍		ベルコートフロアブル2,000倍			
2015 1 15					無防除区は、多発生のため 12月で調査打ち切り	
22	アフェットフロアブル2,000倍	1.0	フルピカフロアブル2,000倍	0		
2 24		0.5		0		
25	ベルコートフロアブル2,000倍		ベルコートフロアブル2,000倍	0		
3 23		0		0		
24	フルピカフロアブル2,000倍		フルピカフロアブル2,000倍	0		
4 24		0		0		
	化学剤 成分数	7	15	2		

注) 使用薬剤のうち四角で囲まれたものは佐賀県特別栽培農産物認証制度の基準に基づき非化学合成農薬として扱った。



図 II-2-1 蒸熱処理後に一部の株でみられた葉やけ症状
（蒸熱処理から27日後の写真）
注) 新たな展開葉には、その症状がみられない。

表 II-2-2 苗での蒸熱処理を組み入れた防除体系による本圃のうどんこ病の防除効果
(平成27年9月24日定植、品種さがほのか)

月日	蒸熱処理+省防除区			慣行防除区		
	蒸熱処理・薬剤防除	うどんこ病		薬剤防除	うどんこ病	
		発病 小葉率	発病度		発病 小葉率	発病度
		%		%		
9 1	蒸熱処理(50℃、10分)			—		
24	定植			定植		
30		0	0		0	0
10 15		2.8	1.1		7.2	3.7
16	ベルコートフロアブル 2,000倍(1成分)			ベルコートフロアブル 2,000倍(1成分)		
23	シグナムWDG 2,000倍(2成分)			シグナムWDG 2,000倍(2成分)		
28		0.7	0.2		16.8	7.1
11 2	イオウフロアブル 2,000倍			イオウフロアブル 2,000倍		
9		1.6	0.5		10.2	4.1
13	硫黄くん煙1時間/毎日開始			—		
16	プロバティフロアブル 3,000倍(1成分)			プロバティフロアブル 3,000倍(1成分)		
20	—			アフェットフロアブル 2,000倍(1成分)		
12 2		1.5	0.5		25.2	11.5
4	—			バンチョTF顆粒水和剤 2,000倍(2成分)		
14	—			シグナムWDG 2,000倍(2成分)		
21		1.6	0.4		11.4	5.1
化学剤 成分数	4			9		

注) 佐賀県特別栽培農産物認証制度の基準において非化学合成農薬とされている剤(成分数としてカウントされない)は、四角で囲った。

(2) 現地試験

平成27年度の現地実証試験(9月8日に、300株の現地育苗の苗に50℃、10分の蒸熱処理を実施)では、処理約1週間後に苗の一部で葉やけ症状を確認したが、その程度は軽微であり、その後のイチゴの生育や出蕾・開花状況に影響は認められなかった(表 II-2-3)。

また、蒸熱処理と薬剤防除を組み合わせた体系により、本圃におけるイチゴうどんこ病の発生を12月下旬まで完全に抑えることができた(表 II-2-4)。平成28年度の現地実証試験(9月15日に、200株の苗に50℃、10分の蒸熱処理)においても、定植後のイチゴの生育や出蕾・開花状況に影響は認められず(表 II-2-5、図 II-2-2)、また、薬剤防除を組み合わせた体系により、本圃の発生を12月下旬まで完全に抑えることができた。

表 II-2-3 定植株の生育および頂果房の出蕾・開花
(平成27年9月21日定植、現地農家圃場、品種さがほのか) 注1)

試験区	生育 注2)			出蕾・開花 注3)	
	10月14日			10月14日	10月27日
	草丈	葉柄長	葉身長	出蕾株率	開花株率
	cm	cm	cm	%	%
蒸熱処理	13.5±0.5	7.3±0.2	7.6±0.2	86.7	93.3
慣行	13.5±0.4	6.7±0.3	7.8±0.3	73.3	86.7
有意差	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 生育調査は各区10株、出蕾・開花調査は各区30株実施。

注2) 各数値は平均値±標準誤差。葉柄長は新生第3葉、葉身長は新生第3葉の中央小葉を測定。

nsは、t検定により5%水準で有意な差がないことを示す。

注3) nsは、 χ^2 検定により5%水準で有意な差がないことを示す。

表Ⅱ-2-4 イチゴ苗での蒸熱処理を組み入れた防除体系におけるうどんこ病の発生状況
(平成27年9月21日定植、現地農家圃場、品種さがほのか)

月日	蒸熱処理・薬剤防除 ^{注1)}	うどんこ病 ^{注2)}	
		発病小葉率	発病度
		%	
育苗圃	9 7	ベルコート水和剤 1,000倍	
	8	蒸熱処理(50℃、10分)	
	14		0
	18	シグナムWDG 2,000倍	0
	21	定植	
本圃	10 10	シグナムWDG 2,000倍(2成分)	
	14		0
	27		0
	11 6	ベルコート水和剤 4,000倍(1成分)	
	10		0
	16	フルビカフロアブル 2,000倍(1成分)	
	22	ボトキラー水和剤 1,000倍	
	12 4		0
	18		0
	25		0
化学剤成分数 ^{注3)}		4	

注1) 佐賀県特別栽培農産物認証制度の基準において非化学合成農薬とされている剤(成分数としてカウントされない)は、四角で囲った。

注2) 蒸熱処理した株を調査。9月14日は育苗圃において任意に抽出した30株、10月14日以降は本圃における特定の30株をそれぞれ調査した。

注3) 定植後(本圃)に散布した薬剤の成分数。

表Ⅱ-2-5 定植株の生育および頂果房の出蕾・開花
(平成28年9月23日定植、現地農家圃場、品種さがほのか)^{注1)}

試験区	生育 ^{注2)}			出蕾・開花 ^{注3)}	
	10月7日			10月21日	11月4日
	草丈	葉柄長	葉身長	出蕾株率	開花株率
	cm	cm	cm	%	%
蒸熱処理	14.3±0.6	8.4±0.4	8.1±0.2	34	96
慣行	14.8±0.5	8.9±0.5	8.4±0.1	28	94
有意差	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 生育調査は各区20株、出蕾・開花調査は各区100株実施。

注2) 各数値は平均値±標準誤差。葉柄長は新生第3葉、葉身長は新生第3葉の中央小葉を測定。

nsは、t検定により5%水準で有意な差がないことを示す。

注3) nsは、 χ^2 検定により5%水準で有意な差がないことを示す。



図 II-2-2 現地実証圃場におけるイチゴの生育(平成 28 年 10 月 27 日)

(佐賀県農業試験研究センター 菖蒲信一郎)

3. 定植後の生育への影響について（熊本県の例）

(1) 現地試験

現地で育苗した「ひのしずく」において 50℃10 分の蒸熱処理は、処理後の葉やけの発生も少なく無処理区に対し生育差が小さいことから、50℃10 分処理は実用性が高いと考えられる(表 II-3-1)。

表 II-3-1 現地試験における定植後の葉やけ程度と頂花房収穫期の生育 (H27)

試験区	定植後の 葉やけ程度	葉数 枚	芽数 芽	草丈 cm	草高 cm	展開第3葉				頂花房 花数 花
						葉柄長 cm	葉長 cm	葉幅 cm	葉色 SPAD	
蒸熱処理区	0.1	10.8	1.4	33.0	29.4	17.3	11.6	8.9	35.8	10.4
無処理区	-	9.2	1.2	30.6	27.4	14.4	11.6	8.6	37.7	10.8

注) 蒸熱処理区は苗をコンテナに入れて定植直前に 50℃10 分の蒸熱処理を行い、生育調査は 27 年 11 月 27 に実施した。葉やけ程度は蒸熱処理 5 日後に行い、程度は 0 : 無、0.5 : 1~10%程度焼け、1 : 11~20%程度焼け、2 : 21~40%程度焼け、3 : 41~60%程度焼け、4 : 61~80%程度焼け、5 : 81~100%程度焼けとして調査した。



定植 9 日後 (27 年 10 月 2 日) 蒸熱処理区



定植 9 日後 (27 年 10 月 2 日) 蒸熱無処理区

(熊本県農業研究センター 田尻一裕)

III.蒸熱処理 装置、防除と苗の耐熱性（技術者向け）

1. イチゴ苗蒸熱処理技術の概要

促成作型のイチゴ栽培において、本圃で発生する病害虫のうち、ハダニ類・アブラムシ類やうどんこ病などは育苗圃からの持ち込みによるものが主たる原因であると考えられる。そのため、育苗時の防除や定植後の初期防除は非常に重要であるが、近年、特にナミハダニの薬剤抵抗性の獲得は、化学薬剤のみに頼った防除を困難なものにしており、耕種的防除法や天敵製剤を用いた防除が増加している。しかし、ハダニ類の天敵であるカブリダニ類を用いた防除では、その効果を十分に持続させるためにはカブリダニ類の放飼以前にハダニ類の密度をできるだけゼロに近づけておく必要がある。このため強力な化学薬剤代替技術開発が必要であった。そこでイチゴ苗に熱処理し、病害虫を防除する温湯浸漬法が開発されたが、一度に多数の株を処理するためには大きな水槽と大量の温湯が必要であった。



図 III-1-1 これまでの化学農薬・生物農薬を用いた防除体系

蒸熱処理技術は、熱媒体として相対湿度がほぼ 100%の気流(以下、飽和水蒸気)を用いる熱処理技術であり、これまでは収穫物に対する病害虫防除技術として用いられてきた。特に東南アジア諸国からの熱帯果実輸入の際の検疫処理技術として発達し、大型装置による大量処理と極めて高い防除効果を両立させている。また、各種センサーとマイコン制御による温湿度の精密な制御と、差圧通風での強制循環によって、対象物の温度を均一に上昇させることができる。本イチゴ苗蒸熱処理技術では、この蒸熱処理を初めてイチゴ苗の熱処理技術として導入し、苗への悪影響を最小限に抑えつつ、その表面に寄生する微小害虫(ハダニ類・アブラムシ類)およびうどんこ病菌を、同時に防除することを目的としている。また、定植前の苗に対し蒸熱処理を行うことで初期防除を徹底し、その後の天敵を用いた防除体系の効果を安定させることにつながる。さらに親株にも処理することで、次年度以降の病害虫の低減にも寄与することが期待できる。

このマニュアルでは、蒸熱処理装置の扱い方、病害虫(主としてナミハダニ・うどんこ病菌)に対する効果、イチゴ苗に対する影響について解説する。

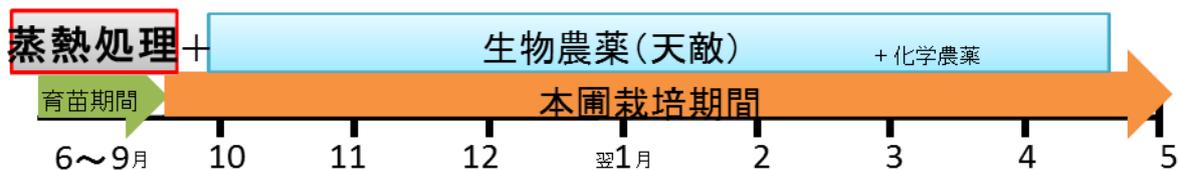


図 III-1-2 蒸熱処理を組み込んだ防除体系

2. 蒸熱処理装置について

(1) 蒸熱処理の原理

蒸熱処理は空気の相対湿度ほぼ 100%を維持したまま温度を上げてゆくことで、対象物に対して水蒸気の凝結による凝結熱を与え、対象物の温度を上げてゆくものである。凝結熱は蒸発熱と熱の出入りの方向が逆で絶対値は等しく、水は液体⇄気体と変化する際に 40.8kJ/mol(約 540cal/g)のエネルギーを出し入れする。これは、水を 0℃から 100℃に加熱するときに必要なエネルギー7.53kJ/mol(約

100cal/g)よりはるかに大きい。蒸熱処理によって対象物表面は濡れた状態にはなるが、温湯浸漬とは異なり水浸しにはならない。また、処理終了後に外部に出すことで表面の濡れは速やかに解消する。このときは逆に蒸発熱によって対象物の温度は下がる。



図 III-2-1 蒸熱処理装置制御盤

(2) 蒸熱処理装置の温湿度の制御

処理中の温度上昇は電気ヒーターによって行われ、その制御は白金測温抵抗体を温度センサー(乾球)としたマイコン(庫内温度計)と無接点リレー(SSR:ソリッドステートリレー)によりPID制御で行っている。このマイコンでは、ヒーターへの通電時間とそれによる温度上昇の制御を、比例・積分・微分の各制御を組み合わせることでフィードバック制御することで、サーモスタットのような単純な二値制御とは異なり、設定値に対してオーバーシュート等のフレが少なく、なめらかな制御ができる。さらに、より精密な制御のために、キャリブレーションを行って、各制御パラメータを決定している。湿度の制御は温度センサー(乾球)のそばに、同様のセンサーに湿らせた不織布を巻きつけたものを湿球として用い、乾湿表から読み取った95%以上の湿球温度を目標値としてマイコン(庫内湿度計)に設定し、PID制御で加湿ポンプを駆動して噴霧ノズルからミストを発生させている。加湿量は毎分最大100ml程度である。湿度センサーとしては抵抗型や静電容量型もあるが、測定領域がほぼ飽和湿度であり、耐久性・信頼性の点から乾湿球式の湿度測定としている。より精密に制御するには、この乾球湿球温度から相対湿度を算出するモジュールが必要であるが、コストダウンのため省いている。そのため、10分間の処理時間中の温度変動が大きい場合は、その間の平均温度が50.0°Cになるよう、設定値を微調整する必要がある。

表 III-2-1 乾球湿球湿度表

		乾球-湿球の温度差 (°C)										
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
乾球	52.0	100	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3	95.8	95.2	94.7
(°C)	51.9	100	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3	95.8	95.2	94.7
	51.8	100	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3	95.7	95.2	94.7
	51.7	100	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3	95.7	95.2	94.7
	51.6	100	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3	95.7	95.2	94.7
	51.5	100	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3	95.7	95.2	94.7
	51.4	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.3	95.7	95.2	94.7
	51.3	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.3	95.7	95.2	94.7
	51.2	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.7
	51.1	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.7
	51.0	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.7
	50.9	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.7
	50.8	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.6
	50.7	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.6
	50.6	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.6
	50.5	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.8	96.2	95.7	95.2	94.6
	50.4	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.2	94.6
	50.3	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.1	94.6
	50.2	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.1	94.6
	50.1	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.1	94.6
	50.0	100	99.5	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.1	94.6
	49.9	100	99.4	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.1	94.6
	49.8	100	99.4	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.7	95.1	94.6
	49.7	100	99.4	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.6	100	99.4	98.9	98.4	97.8	97.3	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.5	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.3	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.4	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.3	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.3	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.3	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.2	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.1	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.2	95.6	95.1	94.6
	49.0	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.2	95.6	95.1	94.5
	48.9	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.1	94.5
	48.8	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.1	94.5
	48.7	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.1	94.5
	48.6	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.1	94.5
	48.5	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.0	94.5
	48.4	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.0	94.5
	48.3	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.0	94.5
	48.2	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.0	94.5
	48.1	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.0	94.5
	48.0	100	99.4	98.9	98.3	97.8	97.2	96.7	96.1	95.6	95.0	94.5

(3) 差圧通風

このように温湿度を制御して飽和水蒸気を対象物に吹き付けるために、蒸熱処理装置内部では強力な電動ファンによる差圧通風が行われる。これは単純に気流を対象物に吹き付けるのではなく、ファンの吹き出し側と吸い込み側を仕切り、対象物に対する気流の方向を上流側から下流側に一方通行に制限する方法である。このため、対象物やそれを収納するコンテナなどの容器の気流抵抗により、上流側と下流側に静圧(差圧)が発生する。上流側から見た気流抵抗に大きなムラがなければ、気流は狭い流路であってもより高速に通り抜けるため、対象物が混み合った場合でも温度上昇のムラは少ない。しかし、コンテナ内部への詰め方やコンテナそのものの積み上げ方に大きなスキマや空間があった場合、気流はそこをバイパス経路として流れてしまい、対象物の十分な温度上昇ができない原因となる。

そのため、少量を処理する場合は、全体として気流抵抗が均一になっているかどうかを注意しながら、対象物の詰め込みを行う必要がある。

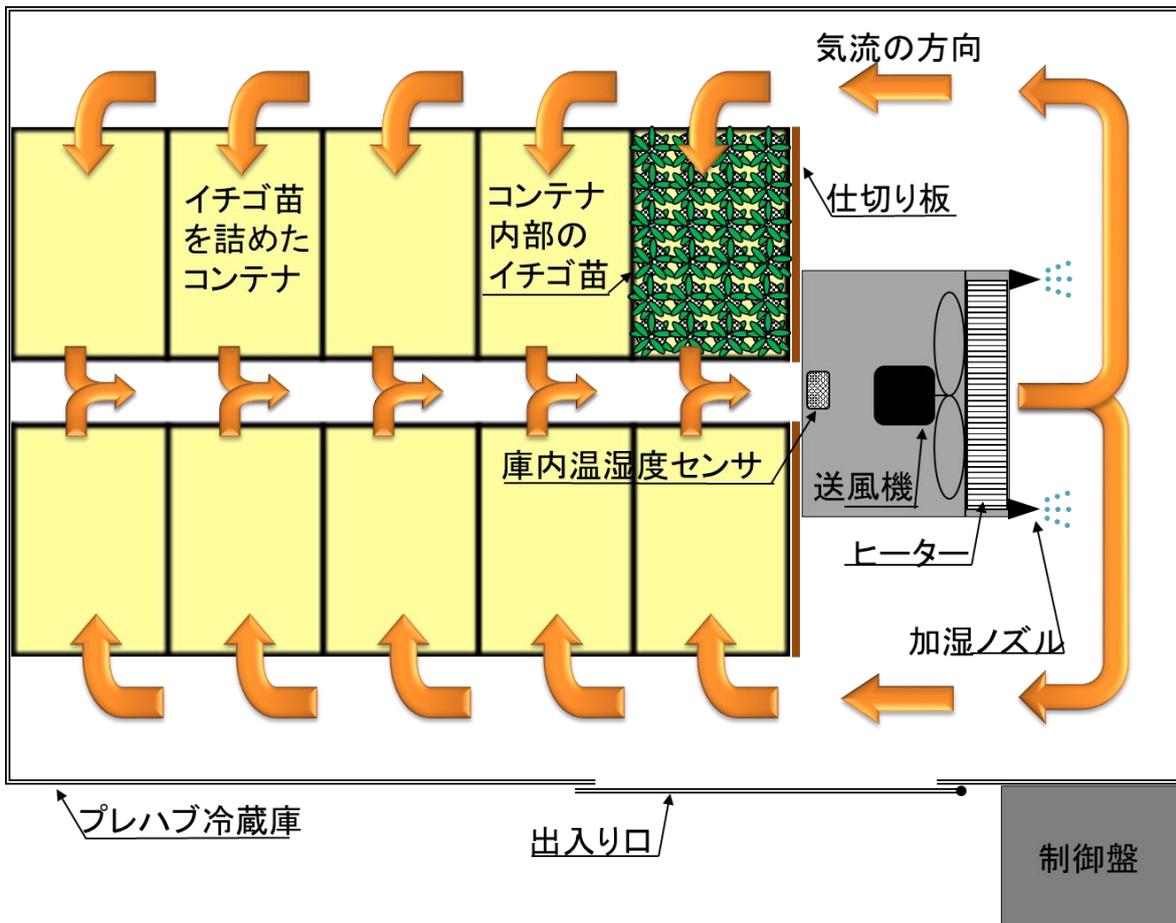


図 III-2-2 蒸熱処理装置概略図



図 III-2-3 葉温センサーを葉に取り付けた様子

(4) 葉温度計とタイマーの連動

蒸熱処理装置内部の気流の温湿度が十分に上昇してゆくと対象物の温度も上昇するが、本イチゴ蒸熱処理装置においては、湿度が 95%以上を保っていれば、葉面温度と気流の温度はほぼ等しくなる。しかし、より確実に処理を行うために、葉面温度を銅-コンスタントの T 熱電対をセンサーとして用いた温度計にて測定をしている。実際には葉面そのものに熱電対の接点固定が困難なため、複葉の分岐点に接点を引っ掛けるように固定し、葉柄先端の温度を測定して葉温度としている。この葉温度が葉温度計の目標値に達すると、ホールドタイマーの作動が始まり、設定時間が経過すると自動的に処理終了となり、ヒーターへの通電が終了される。装置には冷却機能はないので、扉を開放し外気を導入することで内部温度を速やかに下降させる。ただし、ヒーターなどの余熱を除くためにアフタークーラーとして1～2分間送風ファンが作動を続けるため、安全のためにファンの回転終了後に庫内に入るようにすること。

蒸熱処理が終了したのちは庫内のイチゴ苗を搬出し、地下部をすみやかに冷却するために灌水を行う。

(九州沖縄農業研究センター 高山智光)

3. 害虫に対する効果

(1) ナミハダニに対する防除効果

イチゴの最重要害虫である「ナミハダニ」に対して、50℃・10 分間の蒸熱処理は高い殺虫効果を示す(表 III-3-1、図 III-3-1)。ただし、本技術は残効性が無いため、蒸熱処理後にナミハダニが再増殖することが予想される。そのため、蒸熱処理前と処理後にナミハダニを重点的に防除する必要がある。

表 III-3-1 ナミハダニに対する蒸熱処理の殺虫効果

処理温度	処理時間	ナミハダニ	
		成若虫	卵
50℃	10分	90	95
	8分	80	95
	6分	40	70

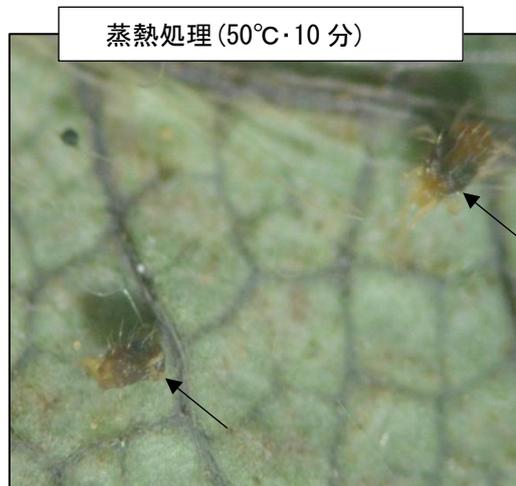


図 III-3-1 蒸熱処理で死滅したナミハダニ雌成虫

蒸熱処理前のナミハダニ密度を抑制するために、気門封鎖型薬剤を散布する。気門封鎖型薬剤は感受性が低下したナミハダニに対して安定した効果が得られることから、蒸熱処理と組み合わせることで効果が向上する(図 III-3-2)。

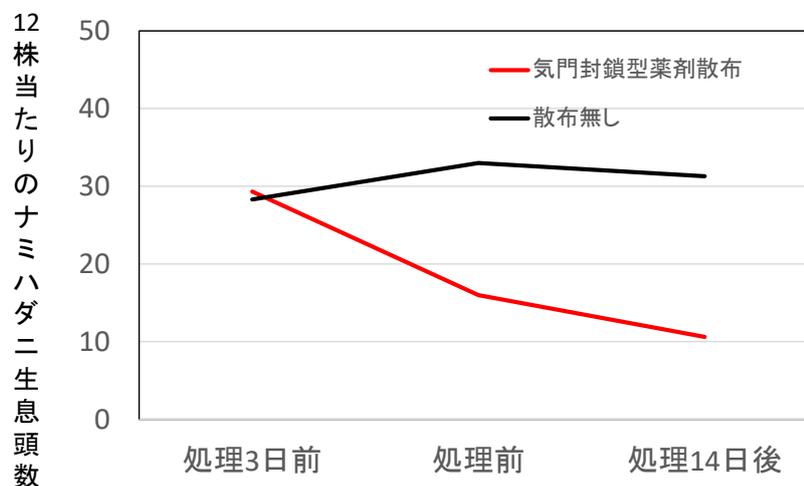


図 III-3-2 蒸熱処理前の気門封鎖型薬剤散布がナミハダニの発生に及ぼす影響

蒸熱処理後もナミハダニの再増殖を抑制するために、気門封鎖型薬剤を含む化学薬剤や天敵製剤を組み合わせる必要がある。初期の防除を徹底することで、ナミハダニを低密度に抑制することができる(図 III-3-3)

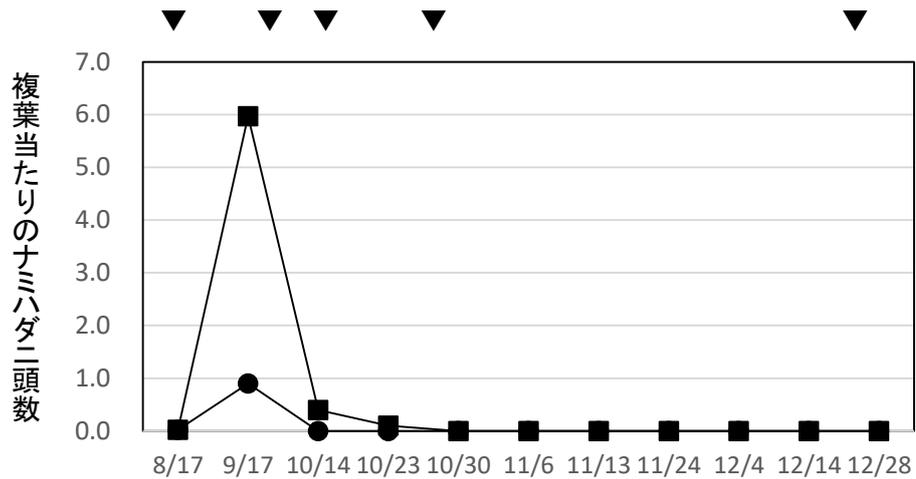


図 III-3-3 蒸熱処理を組み合わせたナミハダニに対する防除効果

注) 1. ●:50°C10分間処理、■:対照区を示す

2. ▼:ナミハダニ防除を示す〔左から、蒸熱処理または、アフーム乳剤、コロマイト水和剤、マイトコーネ FL、カブリダニ製剤(チリとミヤコ)、スターマイト FL〕

(2) その他の害虫に対する防除効果

ワタアブラムシに対する蒸熱処理の殺虫効果も高く、50°C10分間処理で100%の殺虫効果を示す。ただし、処理後の残効は無いため、その後の防除は薬剤防除や生物的防除法を組み合わせる必要がある。

(福岡県農林業総合試験場 柳田裕紹)

4. 病害に対する効果

(1) うどんこ病に対する防除効果

イチゴの最重要病害である「うどんこ病」に対して、蒸熱処理は高い殺菌効果を示す(図 III-4-1)。その最適処理条件を検討した結果、50℃で10分間の処理は本病菌を安定して殺菌できた(表 III-4-1)。

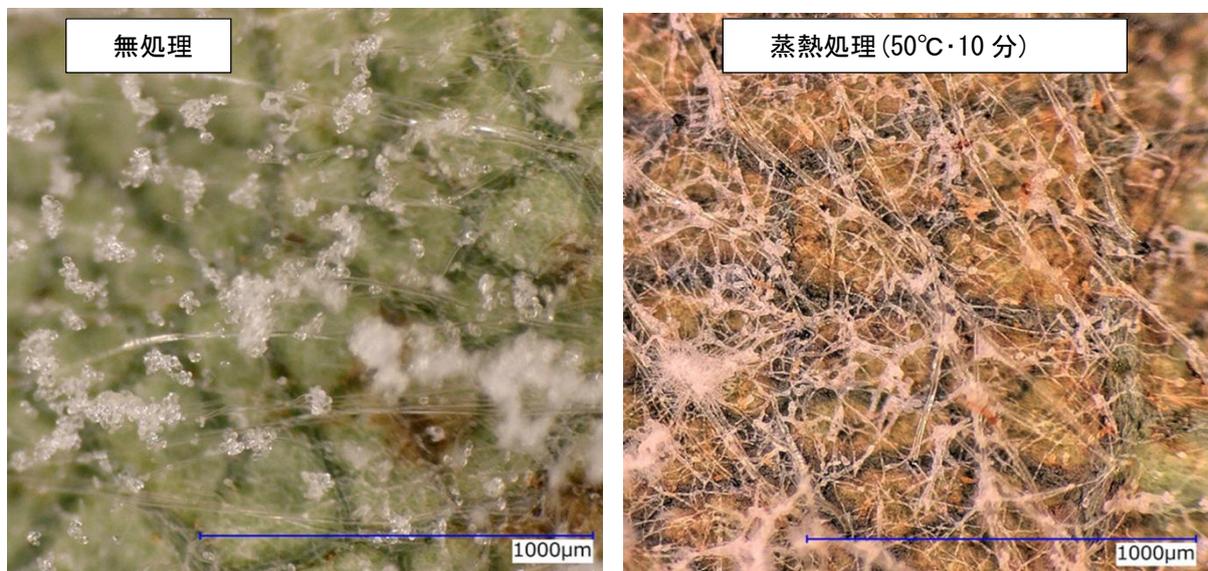


図 III-4-1 蒸熱処理の有無によるイチゴうどんこ病の分生子の形成状況(顕微鏡写真)

注)左の無処理区では透明で球状の分生子が密生しているが、右の蒸熱処理区では分生子が死滅している。

表 III-4-1 イチゴ苗に蒸熱処理した場合のうどんこ病に対する防除効果
(平成26年度試験、品種さがほのか)

蒸熱処理		うどんこ病の発生	
温度	処理時間	分生子形成 小葉率(%)	防除価 ^{注1)}
45℃	5分	51.9	10
	10分	57.0	0
47.5℃	5分	20.0	64
	10分	4.0	94
50℃	5分	2.0	97
	10分	0	100
無処理		57.4	

注1) 無処理区との対比から算出した値。数値が大きいほど、防除効果が高いことを示す。

また、発病程度が異なるうどんこ病に対する蒸熱処理の効果を検討したところ、多発生していたイチゴうどんこ病に対しても50℃、10分間の蒸熱処理は、高い効果を示した(表 III-4-2)。このように、50℃、10分間の蒸熱処理は処理前のうどんこ病の発病程度に関わらず、本病菌を安定して殺菌でき、高い防除効果を示す。

表Ⅲ-4-2 発病程度が異なるイチゴうどんこ病に対する蒸熱処理の防除効果
(平成27年度試験、品種さがほのか)^{注)}

試験区	株NO.	処理前 (6月10日)		処理23日後 (7月3日)		処理41日後 (7月21日)	
		発病 小葉率	発病度	発病 小葉率	発病度	発病 小葉率	発病度
		%		%		%	
蒸熱処理	1	44.4	19.4	0	0	0	0
	2	66.7	30.6	0	0	0	0
	3	100	41.7	0	0	0	0
	4	100	44.4	0	0	0	0
	5	100	91.7	0	0	0	0
無処理	1	22.2	5.6	77.8	52.8	55.6	25.0
	2	22.2	5.6	55.6	30.6	55.6	30.6
	3	77.8	30.6	100	58.3	33.3	19.4
	4	66.7	30.6	100	77.8	100	61.1
	5	100	52.8	100	86.1	88.9	69.4

注)6月10日に蒸熱処理(50℃、10分間)。上位葉の進展型病斑を調査対象とした。蒸熱処理区においては、処理23日後までは停止型病斑(気中菌糸を伴わず、菌糸が葉面にへばりついているような状態)が散見されたが、処理41日後には、新葉の展開等により停止型病もみられなくなった。

なお、蒸熱処理後のイチゴ苗を、うどんこ病が発生しているイチゴハウスで管理すると、容易にうどんこ病が再発生する(表 III-4-3)。すなわち、蒸熱処理は本病に対して高い殺菌効果を示すものの、本処理によってイチゴが「うどんこ病にかかりにくくなる(感染抑制)」効果を獲得することはないと考えられる。

蒸熱処理によるイチゴうどんこ病に対する高い防除効果を持続するためには、周囲から本病菌を持ち込まないことが重要である。もしも周囲からの再感染があった場合には薬剤防除などが必要である。

表Ⅲ-4-3 蒸熱処理後によるイチゴうどんこ病の感染抑制効果
(平成26年度試験、品種さがほのか)

蒸熱処理の実施 (9月24日)	蒸熱処理後のうどんこ病菌 接種の有無 (9月25日～11月27日) ^{注)}	10月3日		10月14日		11月27日	
		発病 株率	発病 小葉率	発病 株率	発病 小葉率	発病 株率	発病 小葉率
		%		%		%	
○(50℃・10分)	×(接種なし)	0	0	0	0	0	0
○(50℃・10分)	○(接種あり)	78	25	100	94	100	100

注)蒸熱処理苗をうどんこ病が発生したハウス(うどんこ病接種条件下)および無発生のハウス(無接種条件下)で、それぞれ9月25日～11月27日まで管理した。

(2) その他の病害に対する防除効果

クラウン部に感染したイチゴ萎黄病および炭疽病に対して、50℃、10分の蒸熱処理は、防除効果が認められなかった。ただし、蒸熱処理を施していない試験区での萎黄病、炭疽病の発病株率を上回ることにはなかったことから、蒸熱処理によってこれらの病害の発病が助長されることはないと考えられる。

いずれにしても、蒸熱処理は、イチゴ萎黄病、炭疽病等の土壌伝染性病害には防除効果が期待できないため、これら病害に対しては、薬剤防除や、耕種的防除等の蒸熱処理以外の防除対策の徹底が必要である。

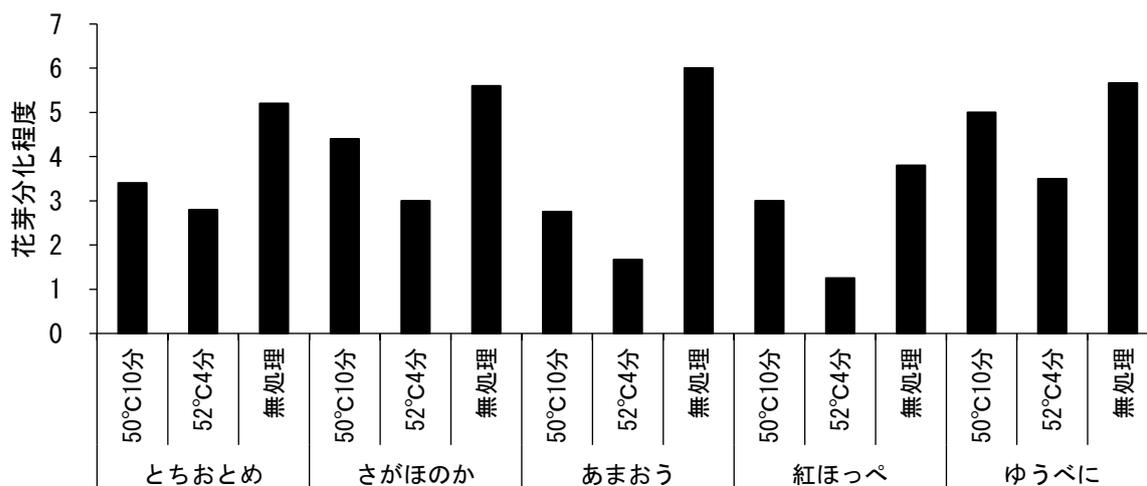
(佐賀県農業試験研究センター 菖蒲信一郎)

5. イチゴ苗の耐熱性について

(1) 蒸熱処理時期の影響

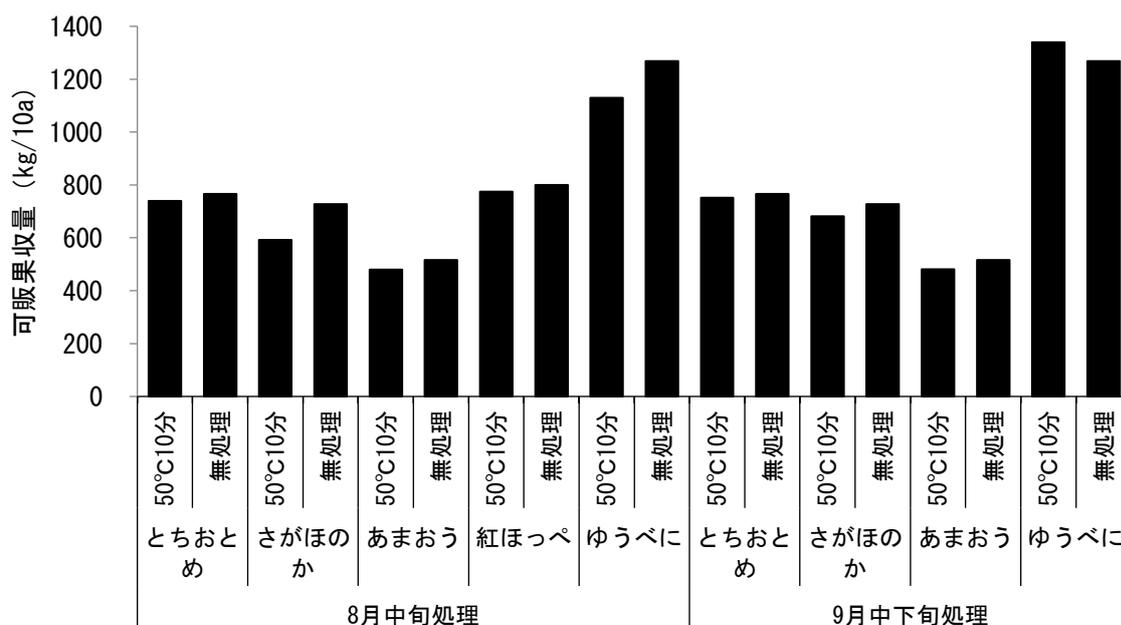
蒸熱処理時期の影響(H27)については、蒸熱処理区が無処理区に比べ、花芽分化程度が低く内葉数が多く、頂花房の花芽分化がやや遅延する傾向にあった。また、処理温度の高い52℃4分区が遅延程度は大きかった(図Ⅲ-5-1)。年内収量は、8月中旬処理では早生性の「さがほのか」及び「ゆうべに」でやや減収傾向にあった。定植前(9月中下旬処理)では50℃10分処理では花芽分化の遅延もなく年内収量の低下もみられなかった(図Ⅲ-5-2)。

これらのことから、蒸熱処理時期は、苗のコンテナへの出し入れの煩雑さや花芽分化の遅延及び年内収量の減収のリスクを考慮すると、花芽分化程度から見た処理時期は定植直前9月中下旬が望ましいと考えられる。



図Ⅲ-5-1 8月中旬の蒸熱処理が花芽分化程度に及ぼす影響

注) 花芽分化程度は、未分化：0、肥厚初期：1、肥厚中期：2、肥厚後期：3、二分期：4、二分期後期：5、ガク片形成期：6、花弁形成期以降：7とし、花芽分程度の調査は、「とちおとめ」：9/16、「さがほのか」：9/15、「あまおう」：9/22、「紅ほっぺ」：9/18、「ゆうべに」：9/16に行った。



図Ⅲ-5-2 蒸熱処理時期と年内可販果収量 (H27)

注) 蒸熱処理日は、8月中旬処理は全品種8/13、9月中下旬は「あまおう」：9/23、その他の品種は9/18に行った。

(2) 蒸熱処理方法と品種の影響

苗をコンテナから出した状態で蒸熱処理をおこなうと、ポットの間には気流が回り、根部の温度が上昇しやすい。この状態での処理温度、処理時間の影響を「さがほのか」で検討した結果、蒸熱処理5日後の葉やけ程度は、48℃10分処理では無処理と差が小さく、処理温度が高い、処理時間が長いほど大きい傾向を示した。また、頂花房の開花特性及び年内可販果収量は、蒸熱処理の影響は少なかったが、可販果平均重は無処理に比べ軽い傾向になり、処理温度が高く、葉やけ程度が大きかった52℃4分処理で軽く、頂花房の果実肥大に影響が認められた(表Ⅲ-5-1)。

表Ⅲ-5-1 「さがほのか」に対する蒸熱処理方法が葉やけ、開花特性及び収量に及ぼす影響(H26)

蒸熱処理	葉やけ程度(処理後5日目)	頂花房			年内可販果	
		出蕾まで日数(日)	開花まで日数(日)	花数(花/株)	収量(kg/10a)	平均果重(g)
48℃10分	0.2 a	30	42	10.2 a	503 ±61 a	16.3 a
50℃10分	1.0 b	29	40	8.8 a	537 ±46 a	14.6 ab
52℃4分	2.5 c	30	41	9.4 a	507 ±35 a	14.1 b
無処理	-	30	42	9.5 a	530 ±42 a	16.6 a

注1) 葉やけ程度は0: 無、1: 1~20%程度焼け、2: 21~40%程度焼け、3: 41~60%程度焼け、4: 61~80%程度焼け、5: 81~100%程度焼けとして調査した

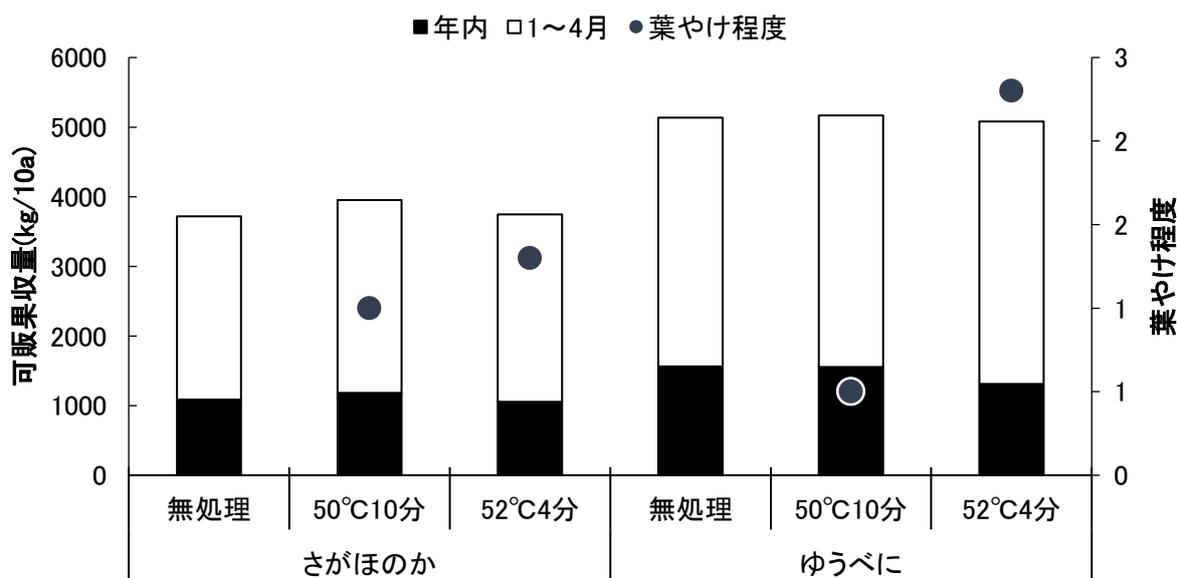
2) 頂花房の出蕾までの日数は定植日からの日数で表した

3) Tukey法により異なるアルファベットは各品種間内で有意差(5%水準)があることを示す

4) 収量の±は標準偏差を示した

通常の処理のように苗をコンテナに入れて蒸熱処理を行った結果、「さがほのか」及び「ゆうべに」では、52℃4分処理で年内収量はやや低下したが、50℃10分処理では年内及び4月までの収量は無処理と同程度以上であった(図Ⅲ-5-3)。

これらのことから、48℃以下の処理では病虫害防除効果が低く、52℃4分処理は苗に影響があるため、比較的病虫害防除効果が高い50℃10分処理を中心とした処理が望ましいと考えられる。



図Ⅲ-5-3 定植前の蒸熱処理(苗をコンテナに入れて処理)が定植後の葉やけ及び可販果収量に及ぼす影響(H27)

注) 蒸熱処理は全品種9/18に処理し、葉やけ程度の調査は9/23に実施した。

葉やけ程度は0: 無、0.5: 1~10%程度焼け、1: 11~20%程度焼け、2: 21~40%程度焼け、3: 41~60%程度焼け、4: 61~80%程度焼け、5: 81~100%程度焼けとして調査した。

(3) 蒸熱処理による葉やけ程度と年内収量の関係

蒸熱処理 5 日後の葉やけ程度は、品種間差がみられ、葉やけの割合が 20%以上で年内収量はやや減少したが、葉やけの割合が 20%未満ではほとんど年内収量は減少しなかった(図Ⅲ-5-4)。

これらのことから、蒸熱処理 5 日後の葉やけの割合が 20%未満では、年内収量への影響はほとんどないと考えられる(図Ⅲ-5-5)。

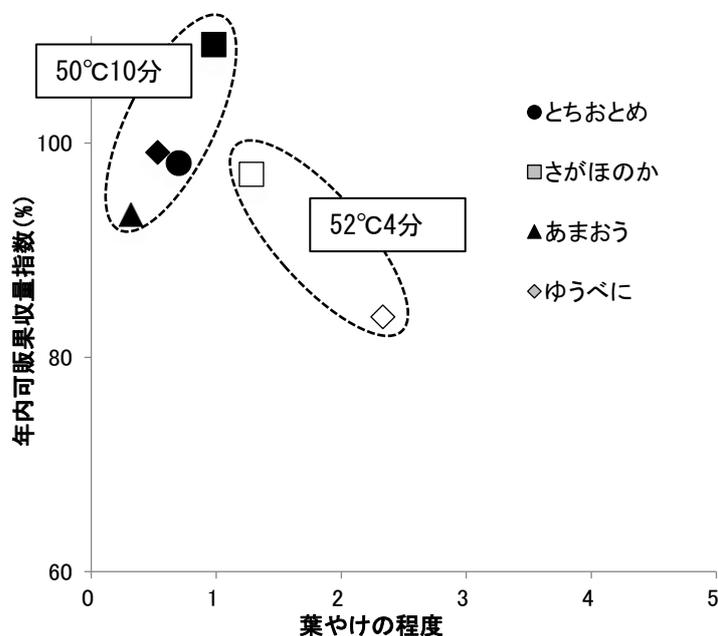


図 Ⅲ-5-4 定植前(9月)の蒸熱処理(コンテナに苗を入れて処理)後の葉やけ程度と年内可販果収量指数(H27)
注) 年内可販果収量指数は無処理に対する割合。グラフの白抜きは52°C4分、黒塗りは50°C10分。

葉やけ程度は株全体の葉面積に対する葉やけ部分の割合で、0: 無、0.5: 1~10%程度焼け、1: 11~20%程度焼け、2: 21~40%程度焼け、3: 41~60%程度焼け、4: 61~80%程度焼け、5: 81~100%程度焼けとして蒸熱処理から5日後に調査した



図 Ⅲ-5-5 葉やけ割合約 20%の様子(紅ほっぺ、定植後 6 日目)
(熊本県農業研究センター 田尻一裕)

謝辞

イチゴ苗蒸熱処理防除の研究・マニュアル作成にあたり、平成 26 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(26069C 蒸熱処理は化学農薬無しで徹底消毒！クリーンなイチゴ苗から始まる防除体系を構築)に参画いただいた、福岡県、佐賀県農業試験研究センター、熊本県農業研究センター、(株)FTH、エモテント・アグリ(株)、三好アグリテック(株)関係各位に、感謝申し上げます。また、本事業の専門プログラムオフィサー 岡安 正 元埼玉県農林総合研究センター園芸研究所副所長、アドバイザー 鮫島國親 元鹿児島県農業開発総合センター副所長には、多くのご助言をいただき、感謝申し上げます。また、研究予算獲得のため本事業への応募にあたり、本田民雄 九州バイオリサーチネットコーディネーターには大変お世話になりました。なお、角重和浩 福岡県農林業総合試験場病害虫部長には研究・普及推進にあたり強力なバックアップをいただきました。さらに本研究の端緒には、当時の井邊時雄 九州沖縄農業研究センター所長(現 農研機構理事長)、田中和夫 同久留米研究拠点研究管理監、坂田好輝 同暖地野菜花き研究調整監(現 野菜花き研究部門安濃野菜研究監)、沖村 誠 同イチゴ研究チーム長(現 園芸研究領域長)、同イチゴ研究チームの皆様を支えていただきました。お世話になりました多くの皆様に厚く御礼申し上げます。

(2018 年 1 月 19 日 九州沖縄農業研究センター 高山智光)

参考文献

- 高山智光・曾根一純・壇 和弘・日高功太・中原俊二・北山幸次・前原重信・脇田修一・中路 旭. 2011. 植物苗の病害虫防除方法及び設備. 特願 2011-056180. 特許第 5751475 号
- 高山智光. 2011. 周年生産をめざすイチゴの最先端技術(8)蒸熱処理により病害虫を一発防除. 農耕と園芸. 66(6): 47-51.
- 柳田裕紹・森田茂樹・高山智光. 2012. 熱蒸気を利用したイチゴのナミハダニ防除の検討. 九州病害虫研究会報. 58: 134.
- 高山智光・壇和弘・日高功太・今村仁・曾根一純・沖村誠・脇田修一・北山幸次・前原重信・柳田裕紹・國丸謙二・稲田稔・田尻一裕・坂本豊房・伏原肇・海老原要道. 2015. イチゴ苗病害虫の蒸熱処理による物理的防除法. 園芸学研究. 14(別 1): 164.
- 田尻一裕・並崎宏美・三原順一・高山智光. 2015. イチゴ蒸熱処理における処理方法と処理時期が花芽分化, 生育及び年内収量に及ぼす影響. 九州農業試験研究機関協議会研究発表会発表要旨. 78: 124.
- 並崎宏美・田尻一裕・三原順一・高山智光. 2015. 蒸熱処理がイチゴ品種の生育及び年内収量に及ぼす影響. 九州農業試験研究機関協議会研究発表会発表要旨. 78: 152.
- 稲田 稔・渡邊幸子・高山智光・前原重信・國丸謙二・柳田裕紹・田尻一裕・伏原 肇・海老原要道. 2015. イチゴ葉のうどんこ病を抑制する蒸熱処理条件. 九州病害虫研究会報. 61: 85.
- 並崎宏美・田尻一裕・三原順一・高山智光. 2016. 蒸熱処理がイチゴ「さがほのか」と「熊本 VS03」の生育及び収量に及ぼす影響. 九州農業試験研究機関協議会研究発表会発表要旨. 79: 11.
- 田尻一裕・並崎宏美・三原順一・高山智光. 2016. 蒸熱処理後の葉やけ程度がイチゴの年内収量に及ぼす影響. 九州農業試験研究機関協議会研究発表会発表要旨. 79: 12.
- 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: 646-651.

執筆者一覧(本文執筆順)

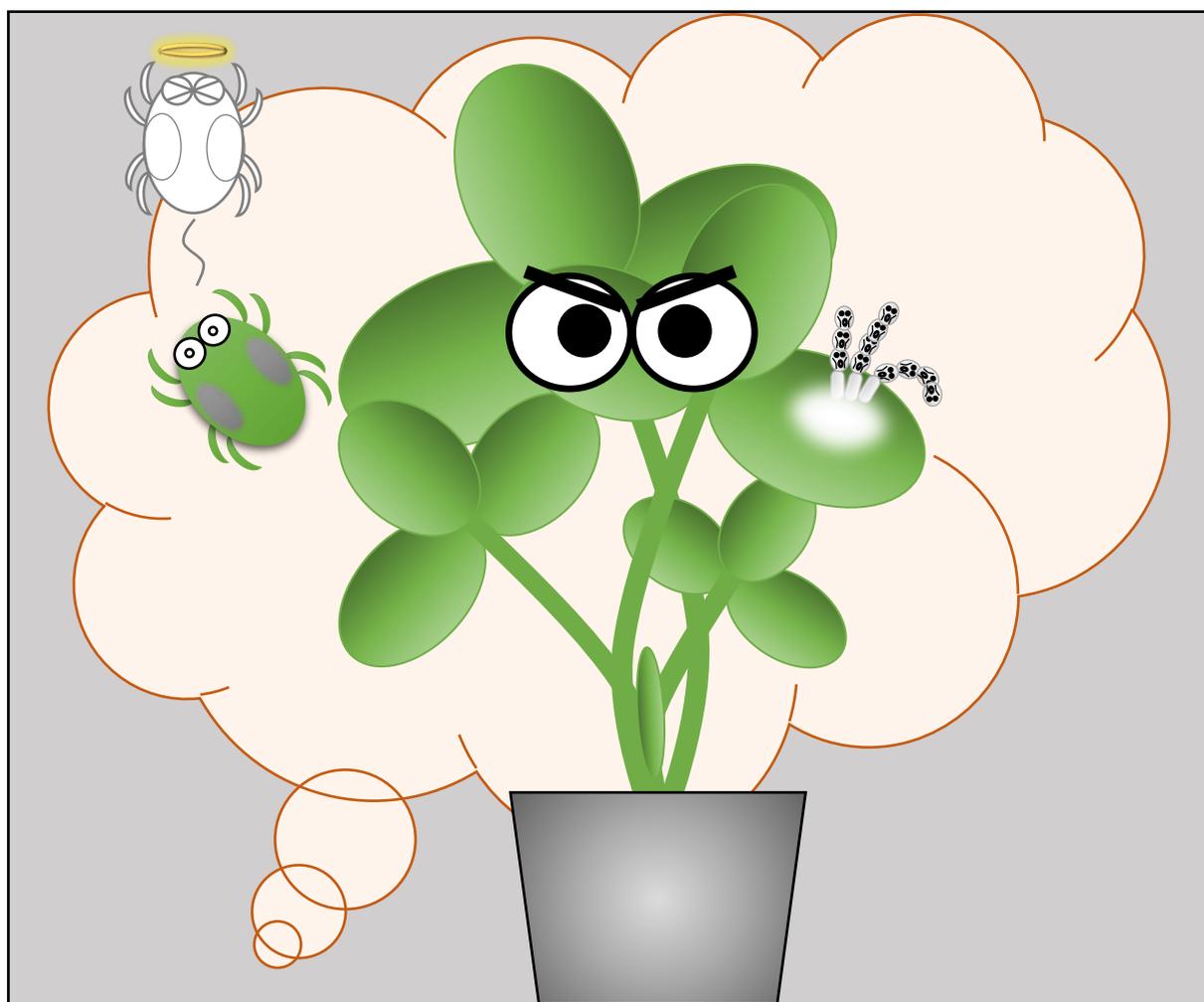
株式会社 FTH 技術部長 脇田修一
九州沖縄農業研究センター 園芸研究領域 イチゴ栽培グループ 主任研究員 高山智光
福岡県農林業総合試験場 病害虫部 病害虫チーム 研究員 柳田裕紹
佐賀県農業試験研究センター 有機・環境農業部 病害虫・有機農業研究担当係長 菖蒲信一郎
熊本県農業研究センター 農産園芸研究所 野菜研究室 研究参事 田尻一裕

このマニュアルは平成 26 年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(26069C 蒸熱処理は化学農薬無しで徹底消毒！クリーンなイチゴ苗から始まる防除体系を構築)の成果などをまとめたものです。

発行 : 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 筑後・久留米研究拠点(久留米) 〒839-8503 福岡県久留米市御井町 1823-1

編集 : 九州沖縄農業研究センター 園芸研究領域 イチゴ栽培グループ 主任研究員 高山智光

発行日 : 2018 年 1 月 19 日



蒸熱我慢比べ 50℃10 分間

(本資料に関するお問い合わせ先)



農研機構九州沖縄農業研究センター 産学連携室

〒861-1192 熊本県合志市須屋 2421

TEL:096-242-7682 FAX:096-242-7543

E-mail : q_info@ml.affrc.go.jp

ホームページ : www.naro.affrc.go.jp/karc