

和歌山県の施設ショウガ産地のための 脱臭化メチル栽培マニュアル



和歌山県農業試験場

農林水産省

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業

「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」
(2008年～2012年) 成果集

はじめに

和歌山県では、和歌山市の砂地地帯を中心に施設ショウガ栽培が行われています。

ショウガ根茎腐敗病（資料 1、P.10）は、発生すると収量が激減することもあるショウガの重要病害です。本病は土壌病害であり、防除は薬剤による土壌消毒が主体となっています。

施設ショウガ栽培では、12～3 月の寒い時期に定植します。そのため、作付け前の土壌消毒には、処理が簡単で、低温でも効果が安定し、雑草抑制効果も高い臭化メチルくん蒸剤が使われてきました。しかし、モントリオール議定書締約国会合に基づき、臭化メチルくん蒸剤は 2013 年に全面的に廃止され、使用できなくなります。

そこで、当試験場ではいくつかの防除技術を組み合わせて臭化メチルくん蒸剤を使わずにショウガ根茎腐敗病を総合的に防除する方法を開発しました。栽培体系は、従来通りの作型を選択することが可能です。

このマニュアルでは、当試験場で開発した新しい総合防除法による施設ショウガ栽培のポイントを示し、個々の防除技術についても紹介しています。このマニュアルがこれからのショウガ栽培に少しでもお役に立てば幸いです。



2012 年 12 月 3 日

和歌山県農業試験場長

神藤 宏

目次

1	臭化メチルくん蒸剤を使わない防除体系による施設ショウガ栽培	1
2	総合防除により土壌中の病原菌密度を低く保つ	2
3	ショウガ栽培における総合防除のポイント	3
1)	定植前の冬期の土壌消毒	3
2)	種ショウガの準備・定植	4
3)	栽培中の管理	5
4)	収穫とその後の土壌消毒	6
4	ショウガの後作栽培について	7
5	防除にかかる費用と作業時間の変化	8
1)	土壌消毒剤の費用の変化	8
2)	土壌消毒にかかる作業時間の変化	8
3)	栽培中の発病に対する防除費用の試算	9
資料 1	ショウガ根茎腐敗病	10
資料 2	定植前の土壌消毒（低温期（2月）処理での薬剤の効果の比較）	11
資料 3	定植前の土壌消毒（ヨーカヒューム処理時の気温と効果）	12
資料 4	定植前の土壌消毒（ヨーカヒューム処理時の加温の効果）	13
資料 5	ヨーカヒューム処理時の被覆内空間の有無と雑草の発生	14
資料 6	栽培中の防除	15
資料 7	二重被覆太陽熱土壌消毒の方法	16
資料 8	収穫後の土壌消毒による殺菌効果	17
資料 9	高地温持続時間とショウガ根茎腐敗病菌生存率の関係	18
資料 10	収穫後の太陽熱消毒（ハウス内1日最高気温 50～55℃）	18
資料 11	収穫後の太陽熱消毒（ハウス内1日最高気温 60～65℃）	19
資料 12	ショウガ根茎腐敗病菌による葉菜類の発病	20
資料 13	定植前・収穫後の土壌消毒と土壌中病原菌密度	21
資料 14	定植前の土壌消毒と栽培中の防除の組み合わせによる効果	22
資料 15	定植前・収穫後の土壌消毒体系による経営費試算と収益性の評価	23

1 臭化メチルくん蒸剤を使わない防除体系による施設ショウガ栽培

低温期処理でも臭化メチルくん蒸剤と同等の効果を持ち、かつ、処理も簡単な土壌消毒法は今のところ確立されていません。

そこで、図 1 のように複数の代替技術を組み合わせた総合防除により、防除効果を高めます。総合防除には4つのポイントがあります。これにより、臭化メチルくん蒸剤から完全に脱却した施設ショウガ栽培が可能となります（図 2）。



図 1 臭化メチルくん蒸剤代替防除の個々の要素技術

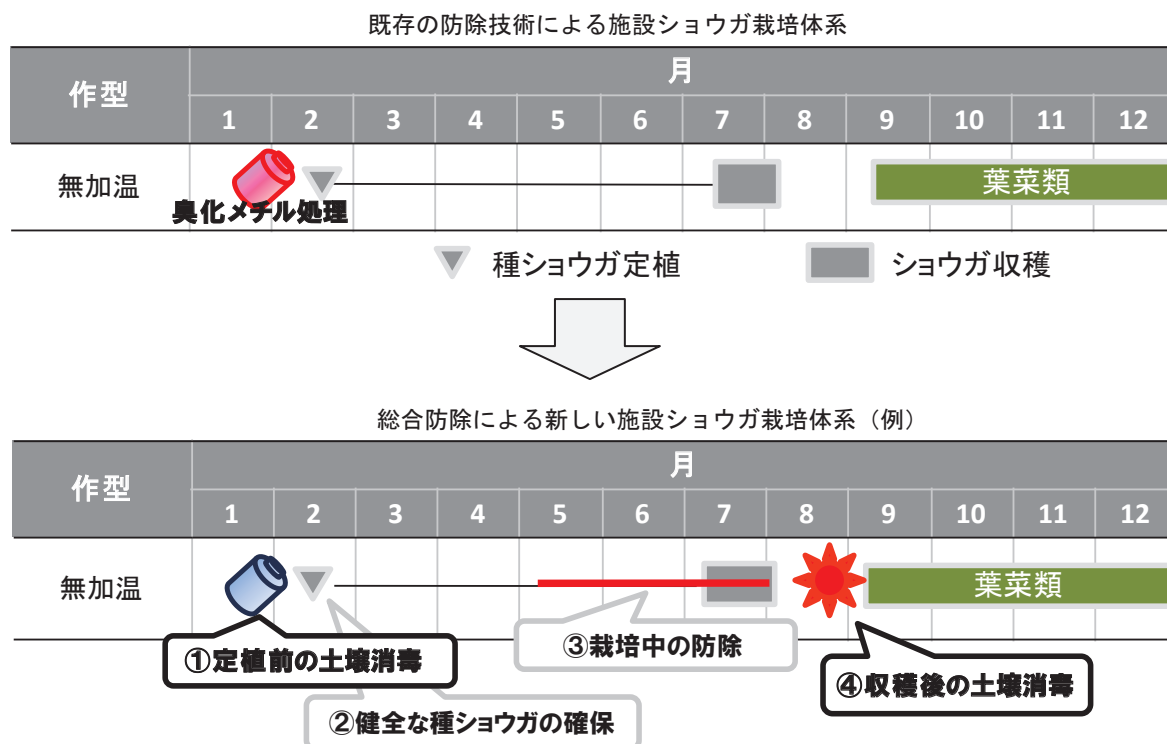


図 2 臭化メチルくん蒸剤から脱却した新しい施設ショウガ栽培へ

2 総合防除により土壌中の病原菌密度を低く保つ

下の図3は土壌中の病原菌密度の推移のイメージ図です。ショウガ定植前と収穫後に土壌消毒を行うと、行わなかった場合に比べ土壌中の病原菌密度を低く保つことができます（資料13、P.21）。

栽培中の薬剤防除は、それだけでは十分な効果は得られませんが、土壌消毒と組み合わせることで効果が高まります（資料14、P.22）。汚染ほ場での試験では、ショウガとハウレンソウの輪作において特に総合防除の効果が高いことが確認されています。

このような総合防除を行うことで、これまでと同程度の収量・収益を確保することが可能です（資料15、P.23）。

次のページからは、ショウガ栽培の各ステージにおける総合防除のポイントについて、くわしく説明します。

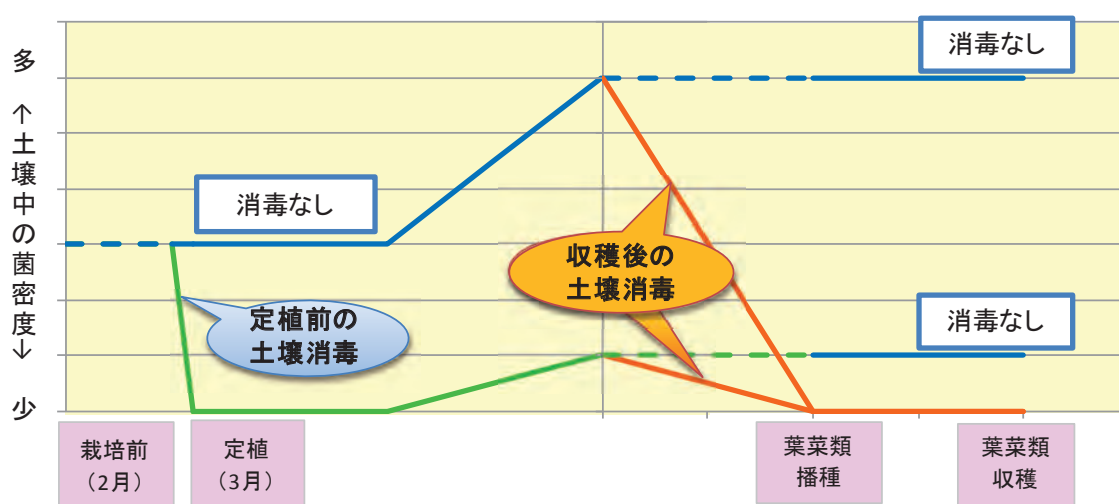


図3 ショウガ栽培前後の土壌消毒による土壌中病原菌密度の推移のイメージ

3 ショウガ栽培における総合防除のポイント

1) 定植前の冬期の土壌消毒

ショウガ定植前の冬期の土壌消毒は、処理の容易さ、ほ場周辺への影響などを考えて薬剤を選択します。下の表 1 に、臭化メチルくん蒸剤とその代替剤を比較しています。これを参考に、適した薬剤を選んで下さい。薬剤の効果の比較は資料 2 (P.11) にあります。

ヨーカヒューム (写真 1) は臭化メチルくん蒸剤と使い方や性質が比較的似ており (表 2)、ショウガ根茎腐敗病や一年生雑草に対して使用することができます (表 3)。ヨーカヒュームの成分であるヨウ化メチルは臭化メチルよりも沸点が高いため、最初は液体です。被覆内の気温が 15℃ 程度であれば (2 月の曇天日中)、処理は可能ですが、気体になりやすいように晴天日の 10～12 時頃を選んで処理する方が良いと考えられます (資料 3、4、P.12～)。また、拡散しにくいいため、処理土壌表面を平らにし、被覆内に空間を設けます (資料 5、P.14)。

砂地の畑においても、ヨーカヒューム処理時の出芽や収量は臭化メチル剤処理と同等です。

ヨーカヒュームは、他の土壌消毒剤と比べて価格が高いですが、最小使用量は臭化メチル剤の 1/2 量 (15g/m²) ですみ、この使用量で十分な効果が得られます。使用基準を守って処理しましょう。

表 1 臭化メチルくん蒸剤と代替剤の使用上の特性比較

	臭化メチル くん蒸剤	ヨーカヒューム	クロール ピクリン	ソイリーン
刺激臭の有無	なし	なし	あり	あり
処理の簡便さ	◎	○	△	△
2 月の処理期間	3 日	3～14 日	20 日以上	20 日以上
価格	—	高	安	安

表 2 臭化メチルとヨウ化メチルの化学的特性の比較

	臭化メチル	ヨウ化メチル
化学式	CH ₃ Br	CH ₃ I
*O ₃ 破壊係数	0.4	0.02
沸点	3.56℃	42℃

*オゾンを破壊する力を示します。

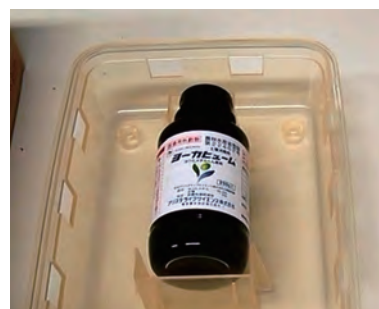


写真 1 ヨーカヒュームと専用の開缶トレイ

表 3 ショウガ根茎腐敗病に対するヨーカヒュームの登録内容

薬剤名	使用量	くん蒸時 間	使用時期	本剤の使用 回数	使用方法	ヨウ化メチルを含む 農薬の総使用回数
ヨーカヒューム	15～ 20g/m ²	72 時間 以上	定植 10 日 前まで	1 回	土壌くん蒸	1 回

注) 登録内容は 2012 年 9 月 28 日現在のものです。

使用時は安全使用講習会に参加し、講習内容に従って正しく使用して下さい。

2) 種ショウガの準備・定植

施設栽培では 10a あたり 1,000～1,200kg の種ショウガを準備し、定植前に 100～150g 程度の塊に種ショウガを小割します。

分割時、根茎の表皮や芽、割口に変色・腐敗がないか確認しましょう（写真 2）。

根茎腐敗病が進んだ種ショウガを洗浄してカッターや包丁で切ってみると、内部が褐色に変色しています（写真 3）。このような種ショウガを定植すると、これまで発病がなかった畑にも病原菌が持ち込まれてしまい、畑によっては毎年発病を繰り返すことにもなりかねません。

定植溝を深さ 6cm 程度にし、健全な種ショウガのみを株間 15～25cm で植え、3～4cm 覆土しましょう。



写真 2 種ショウガの割口の褐変



洗浄して・・・



カッターで切断
すると



写真 3 内部に水浸状の褐変がみられる種ショウガ

3) 栽培中の管理

土寄せは、収穫までに 2～3 回行います。ほ場に入る時は、茎の地際部の褐変がないか観察しましょう。

ほ場で発病がみられた場合は、発病株とその周辺の土壌をほ場外に持ち出し、処分します。その後、表 3 の登録薬剤をスポット的に処理します。前年発病したほ場では、予防のため、発病地点とその周辺に 6 月上旬からスポット的に薬剤処理を行います。

なお、使用の際には最新の農薬登録情報を必ず確認するようにして下さい。

表 3 栽培中に使用できるショウガ根茎腐敗病防除薬剤

薬剤名	希釈倍数・ 使用量	使用時期	使用 回数	使用方法
プレビクール N 液剤	400～600 倍	生育期(収穫 30 日前まで)	5 回以内	土壌灌注
リドミル粒剤 2	10～20kg/10a	収穫 30 日前まで	3 回以内	定植前作条土壌混和または生育期土壌表面散布
ランマンフロアブル	500 倍 1～3L/m ²	生育期 但し、収穫 30 日前まで	3 回以内	土壌灌注
	500～1000 倍 2～3L/m ²	生育期 但し、収穫 30 日前まで	3 回以内	土壌灌注
ユニフォーム粒剤	18kg/10a	収穫 30 日前まで	3 回以内	定植前作条土壌混和または生育期土壌表面散布

注) 登録内容は 2012 年 9 月 28 日現在のものです。

薬剤処理は、10～20 日間隔で 2 回以上行います。図 4 の処理体系で安定した効果が得られます(長崎県農林技術開発センター、2010(資料 6、P.15))。

リドミル粒剤およびユニフォーム粒剤の成分については、耐性菌が発生する可能性があります。そのため、連用を避け、他の薬剤とのローテーションを組みます。



図 4 ショウガ栽培中の体系防除例

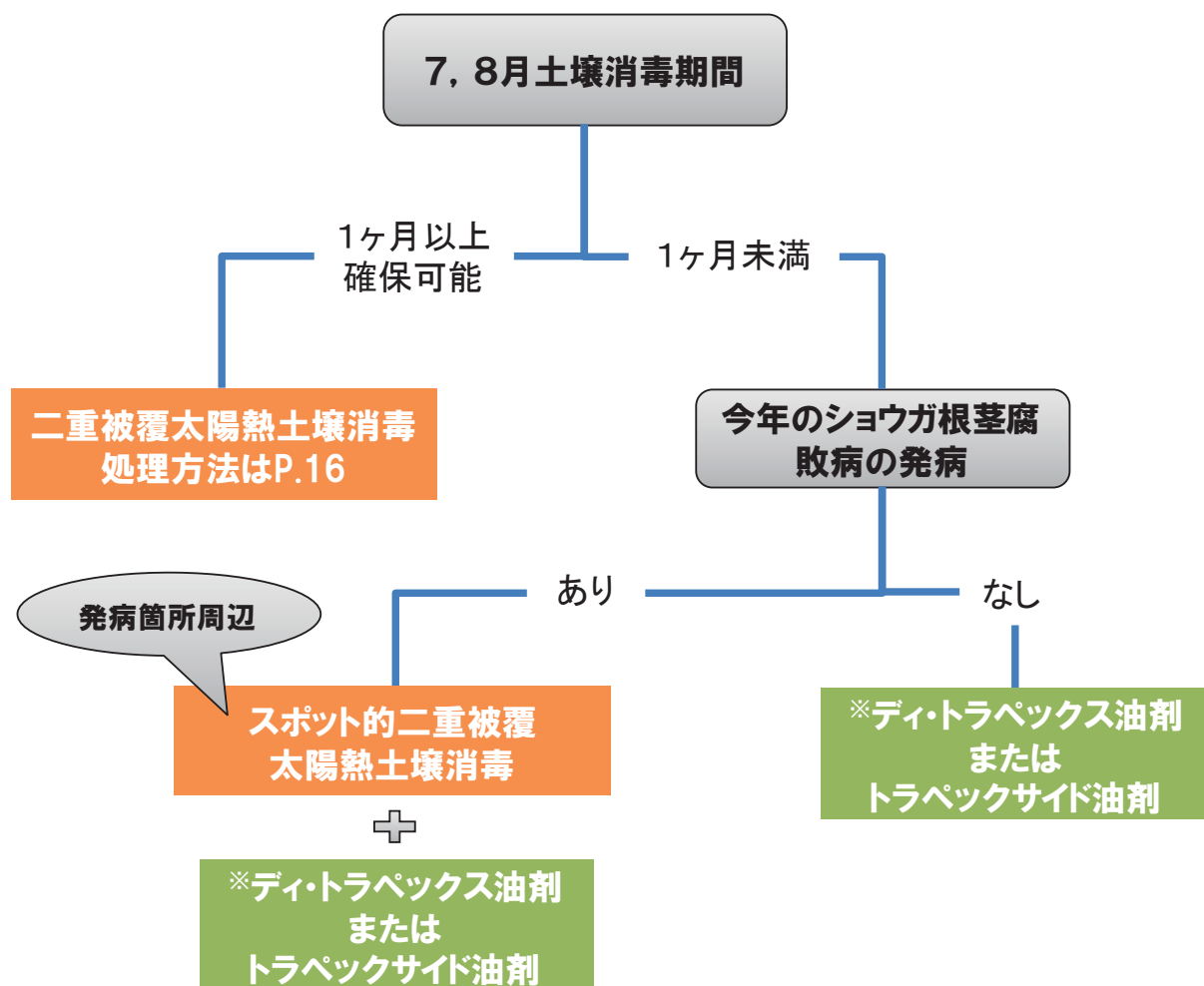
4) 収穫とその後の土壌消毒

施設ショウガの収穫適期は、主茎の葉数が 25 枚程度になった頃で、定植後 160～180 日を目安とします。収穫時、地際部および根茎に褐変、軟化がないことをよく確認しましょう。

栽培中にショウガ根茎腐敗病の発病があった場合は、できるだけ収穫後に二重被覆太陽熱土壌消毒を行います。もし、7 月梅雨明けから 8 月にかけて、1 か月以上の土壌消毒期間を確保できない場合はディ・トラペックス油剤またはトラペックスサイド油剤による土壌消毒を行います。ただし、ショウガ後作の品目にこれらの薬剤の農薬登録がない場合は使用できないので注意して下さい。

太陽熱土壌消毒の方法については資料 7 (P.16) で、収穫後の土壌消毒の効果についての詳細は資料 8～11 (P.17～) で紹介しています。

土壌消毒に費やせる期間や根茎腐敗病の発病の有無によって、収穫後の土壌消毒法を選んで下さい (図 5)。



※後作の品目に農薬登録されていない場合は使えません。

図 5 ショウガ収穫後の土壌消毒法の選択

4 ショウガの後作栽培について

ショウガの後作として栽培されている葉菜類の中には、ショウガ根茎腐敗病菌に弱いものがあります。ショウガ収穫後に土壌消毒を行うと土壌中の菌は少なくなります。発病があったほ場では病原菌の影響を受けにくい品目を選択することが望ましいでしょう。

ホウレンソウは最も弱く、ミズナも比較的弱い傾向があり、立枯症状を起こします（写真4）。コマツナは発芽率が低下する傾向にあり、発芽後の立枯症状は起こりにくいようです。シュンギク、カラシナは発病しにくいといえます。

土壌中病原菌密度と各品目の発病の関係は、資料12（P.20）に紹介しています。



発病がひどかった土壌



発病がなかった土壌

写真4 ショウガ根茎腐敗病発病土壌と無発病土壌での後作ホウレンソウの生育

5 防除にかかる費用と作業時間の変化

1) 土壤消毒剤の費用の変化

臭化メチルから代替防除に移行すると、「ショウガ + 葉菜類」の年間作付け体系で、土壤消毒剤の組み合わせと費用（10a あたり）は図 6 のように変わります。より詳しい経営試算は資料 15（P.23）に紹介しています。

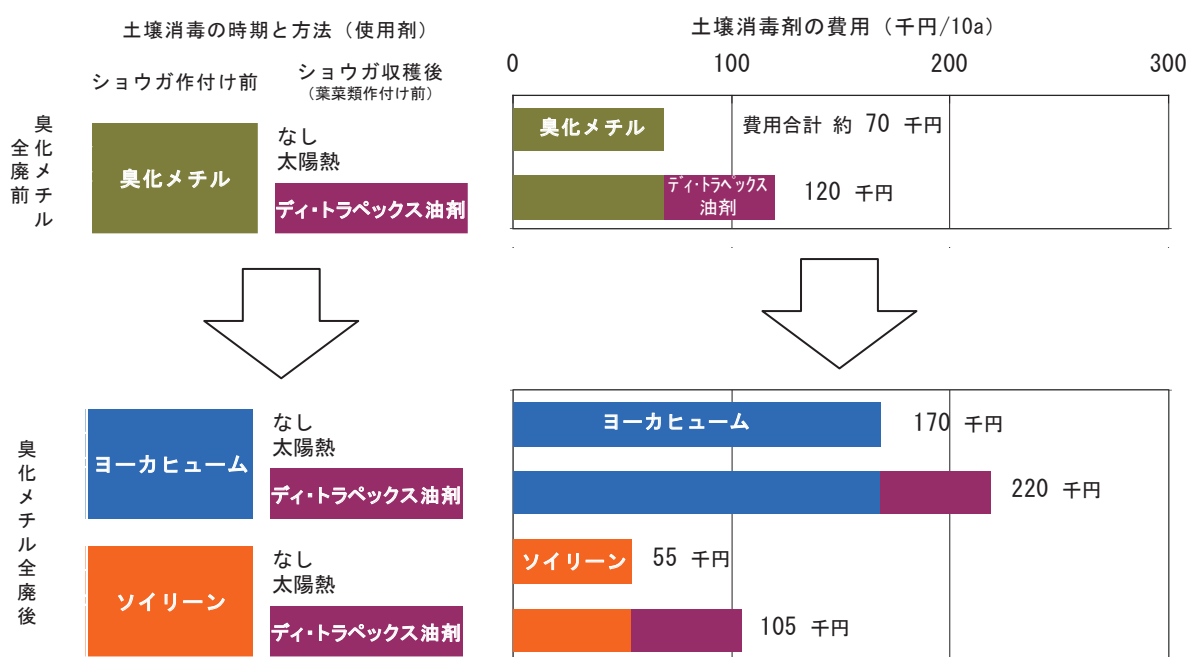


図6 土壤消毒剤の組み合わせ例と費用の変化（10aあたり）

注）土壤消毒剤の価格は、購入する時期や購入先により変更になることがあります。上記の費用は目安です。

2) 土壤消毒にかかる作業時間の変化

ショウガ作付け前の土壤消毒にかかる各薬剤での作業時間（10aあたり）は図 7 のとおりです。

使用する薬剤が臭化メチルからヨーカヒュームになると、新たに「弓立て」（被覆資材と土壌の間に空間を設けるため支柱等を設置する作業）工程が加わりますが、作業時間は約 20 分とごく短時間です。

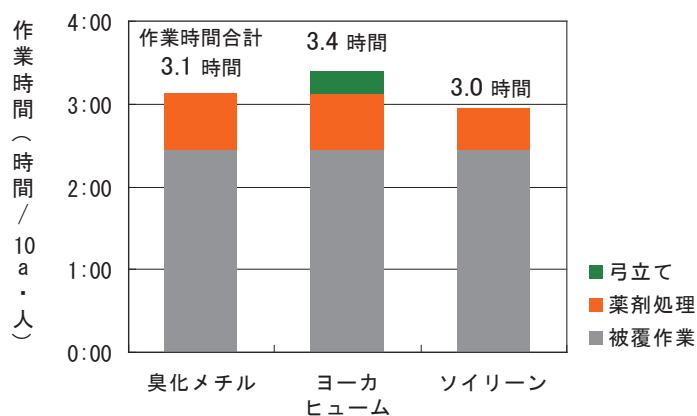


図 7 ショウガ作付け前の土壤消毒にかかる作業時間（10a あたり）

3) 栽培中の発病に対する防除費用の試算

ショウガの栽培中に根茎腐敗病が発生し、スポット防除（P.5）を下記のように行くと、1 m²あたりの費用は 100 円程度と試算されます（表 4）。

表 4 ショウガ栽培中の体系防除（スポット防除）と費用の試算（1 m²あたり）

防 除				
	1回目	2回目	3回目	4回目
	ランマンフロアブル	ユニフォーム粒剤	ランマンフロアブル	ユニフォーム粒剤
倍 率（倍）	500	—	500	—
使用量（1m ² あたり）	1L	18g	1L	18g
費 用（1m ² あたり）	約 20 円	約 32 円	約 20 円	約 32 円

注 1) 薬剤の価格は、ランマンフロアブル 5,130 円（500mL 入り 1 本あたり）、ユニフォーム粒剤 5,340 円（3kg 入り 1 袋あたり）として試算しています。

注 2) 薬剤の価格は購入する時期や購入先により変更になることがあります。上記の費用は目安です。

資料1 ショウガ根茎腐敗病

ショウガ根茎腐敗病はかびの仲間によって引き起こされる病気です。

【症状と発生部位】葉鞘、幼芽、根茎、根に感染します。葉鞘の地際部や幼芽に、水浸状の病斑を生じて軟化・腐敗し、地上部は黄～茶色に変色して倒伏したり、立枯症状が現れます。腐敗は地下部に進展し、根茎は軟化し、あめ色になって腐敗します。湿潤な条件下では被害部の表面に薄い白色綿状のかびを生じることもあります（写真6）。

【病原菌】*Pythium zingiberis*

【伝染】土壌伝染し、被害組織内で越冬して、翌年の一次伝染源になります。栽培期間中には罹病根茎によっても二次伝染します。地温 15℃以上で感染し、6 月以降に発生が多くなります。

【後作の葉菜類への影響】ショウガ根茎腐敗病菌は、他の植物にも感染します。ショウガ後作の葉菜類に被害が出ないように、注意する必要があります。特にホウレンソウはこの菌による立枯症状が出やすい傾向があります（写真7）。



葉鞘の褐変、腐敗

根茎の水浸状病斑

根茎に発生した菌糸

写真6 ショウガ根茎腐敗病の症状



地際の黒変（矢印）

汚染土壌での立枯症状

写真7 ホウレンソウの立枯症状

資料2 定植前の土壌消毒（低温期（2月）処理での薬剤の効果の比較）

目的 低温期（2月）の施設内処理でのヨーカヒュームと他薬剤のショウガ根茎腐敗病菌に対する効果を比較する。

方法

【供試薬剤と処理量】ヨーカヒューム 15kg/10a、（対照）クロールピクリン 30L/10a およびソイリーン 30L/10a

【処理概要】農業試験場内ガラスハウスにおいて、ヨーカヒュームは2009年2月3日に処理し、2月6日に被覆除去、2月13日にガス抜きを行った。クロールピクリンおよびソイリーンは2009年1月26日に処理し、2月6日に被覆除去、2月16日にガス抜きを行った。全ての薬剤処理区において被覆資材には低透過性フィルム（バリアスター）を用い、1区約4㎡、3反復とした。

根茎腐敗病に対する効果

【調査】2009年6月25日から7月23日までに発生したシュート数に占める発病シュート数の割合(%)を調査した。発病は、シュートが手で引き抜ける程度の腐敗の発生の有無により判定した。

【結果】シュートの発病に対するヨーカヒュームの防除効果は、他薬剤と同等以上であり、無処理と比較して高かった（図9）。

雑草に対する効果

【調査】2009年4月2日（定植約45日後）に各処理区中央付近で約0.7㎡あたりの雑草発生量を調査し、㎡あたりの値に換算した。

【結果】ヨーカヒュームの雑草抑制効果は他薬剤と同等であり、無処理と比較して高かった（図10、写真8）。

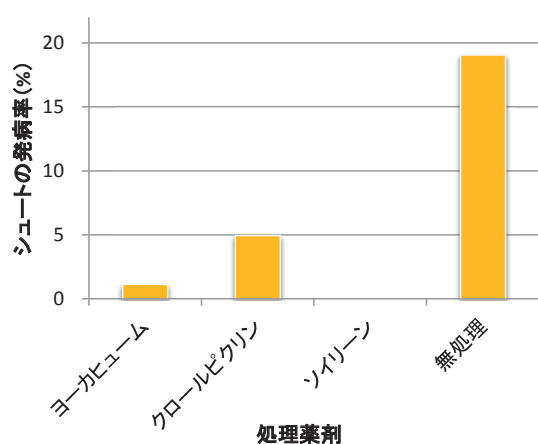


図9 ショウガ根茎腐敗病に対する土壌消毒剤の効果（2009年）

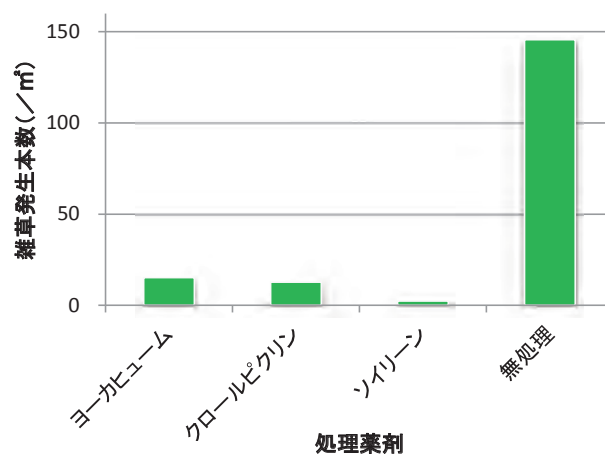


図10 雑草に対する土壌消毒剤の効果（2009年）



土壌消毒なし



ヨーカヒューム処理



ソイリーン処理

写真8 土壌消毒剤の雑草抑制効果

☆ヨーカヒュームは、クロールピクリン、ソイリーンと同等またはそれ以上の効果があった。

資料3 定植前の土壌消毒（ヨーカヒューム処理時の気温と効果）

目的 ヨーカヒューム処理時に必要な被覆内気温の目安を明らかにする。

方法

【供試薬剤と処理量】ヨーカヒューム 15kg/10a

【処理概要】農業試験場内ガラスハウスにおいて2010年2月2日に処理し、2月5日に被覆を除去した。被覆資材にはポリフィルム（厚さ0.05mm）を用いた。

【処理区】25℃設定で加温を行い、日中の被覆内気温約25℃の区と、無加温で曇天を想定した約15℃の区を設けた。1区約16㎡。

処理中のガス濃度

【調査】処理期間中、ヨウ化メチル濃度の推移を調査した。

【結果】ヨウ化メチルのガス拡散は25℃区の方が早かったが、処理終了時の両区のヨウ化メチル濃度に顕著な差がなかったことから（図11）、ほぼ同量が気化したと考えられた。

根茎腐敗病に対する殺菌効果

【調査】処理前にショウガ根茎腐敗病菌培養稲わらを各区の中央および縁部の深さ10および30cmに埋設し、処理後、わらからの菌糸伸長の有無を調査し、生存率を算出した。

【結果】ヨーカヒューム処理区では、処理中被覆内気温に関わらず、病原菌生存率は0であり、無処理と比較して高い効果があった（図12）。曇天日に処理しても、殺菌効果はあると考えられた。

雑草に対する効果

【調査】ショウガの出芽期に各処理区中央付近で約1㎡あたりの雑草発生量を調査した。

【結果】ヨーカヒュームの雑草防除効果は無処理と比較して高く、処理時の被覆内気温の違いによる明確な差はなかった（図13）。曇天日に処理しても、雑草に対する効果はあると考えられた。

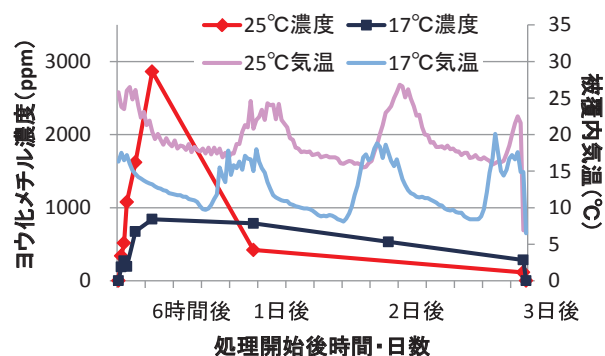


図11 ヨーカヒューム処理時の被覆内気温の違いとヨウ化メチル濃度の推移（2010年）

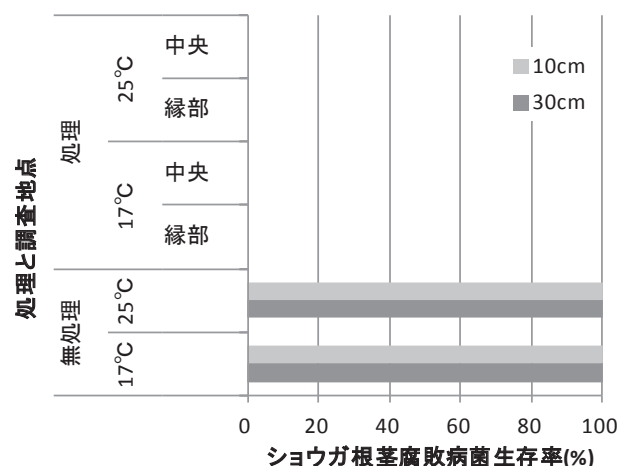


図12 ヨーカヒューム処理時の被覆内気温の違いと殺菌効果（2010年）

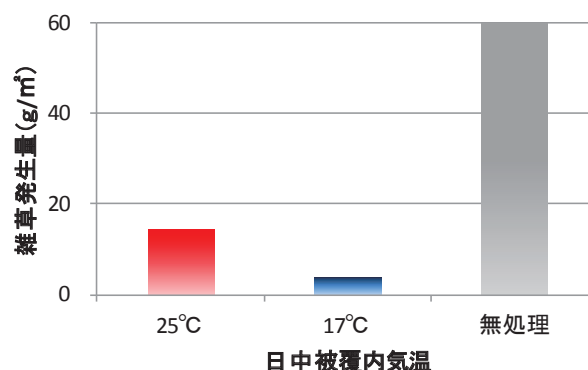


図13 ヨーカヒューム処理時の被覆内気温の違いと雑草発生量（2010年）

☆2月の曇りの日でも処理は可能だが、晴天日の方が望ましい。

資料4 定植前の土壌消毒（ヨーカヒューム処理時の加温の効果）

目的 ヨーカヒューム処理時の加温による効果向上の有無を明らかにする。

方法

【供試薬剤と処理量】ヨーカヒューム 15kg/10a

【処理概要】農業試験場内ガラスハウスにおいて、2009年2月3日に処理し、2月6日に被覆除去、2月13日にガス抜きを行った。被覆資材には低透過性フィルム（バリアスター）を用いた。

【処理区】処理期間中、30℃設定で加温する区と無加温区を設けた。

処理中の被覆内気温とガス濃度

【調査】処理期間中、被覆内気温とヨウ化メチル濃度の推移を調査した。

【結果】処理開始時の被覆内気温は、加温区で25℃、無加温区で20℃であった。処理中の天気は、ほぼ晴れであった。ヨウ化メチルのガス拡散は加温区の方が早かったが、処理終了時のヨウ化メチル濃度に差がなかったことから、加温区、無加温区ともほぼ同量が気化したと考えられた（図14）。

ショウガ根茎腐敗病に対する効果

【調査】2009年6月25日から7月23日までに発生したシュート数に占める発病シュート数の割合(%)を調査した。発病は、シュートが手で引き抜ける程度の腐敗の発生の有無により判定した。

【結果】シュートの発病に対するヨーカヒュームの防除効果は無処理と比べて高く、加温の有無による明確な差はなかった（図15）。

雑草に対する効果

【調査】2009年4月2日（定植約45日後）に各処理区中央付近で約0.7㎡あたりの雑草発生量を調査し、㎡あたりの値に換算した。

【結果】ヨーカヒュームの雑草抑制効果は無処理と比べて高く、加温の有無による明確な差はなかった（図16）。

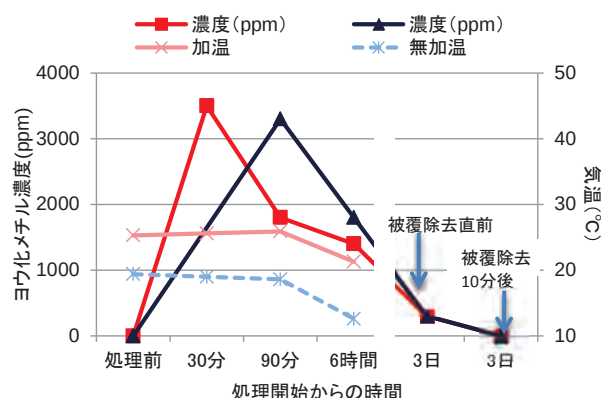


図14 ヨーカヒューム処理時の加温の有無が被覆内ヨウ化メチル濃度の推移に及ぼす影響（2009年）

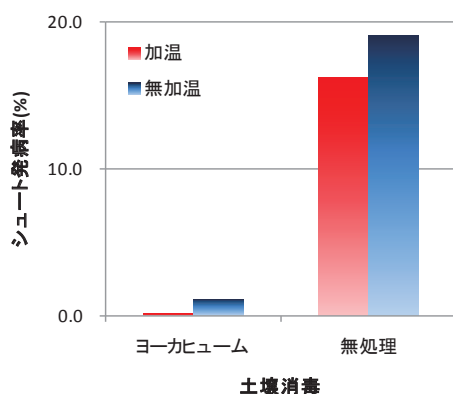


図15 ヨーカヒューム処理時の加温の有無によるショウガ根茎腐敗病に対する効果（2009年）

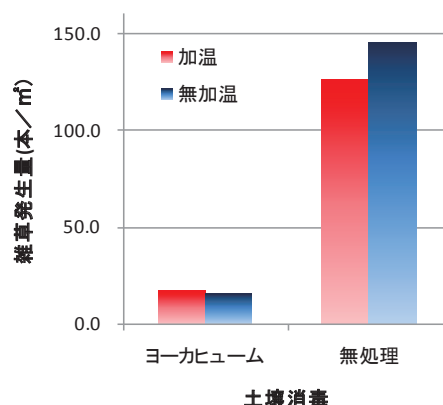


図16 ヨーカヒューム処理時の加温の有無による雑草発生に対する効果（2009年）

☆加温してもしなくても、効果は変わらない。

資料5 ヨーカヒューム処理時の被覆内空間の有無と雑草の発生

目的 ヨーカヒューム処理時の被覆内空間の有無が雑草の発生量に与える影響を明らかにする。

方法

【供試薬剤と処理量】 ヨーカヒューム 15kg/10a、(対照) 臭化メチルくん蒸剤 30kg/10a

【処理概要】 和歌山市内のショウガ栽培ほ場において、供試薬剤を 2012 年 1 月 19 日に処理し、ヨーカヒュームは 27 日に、臭化メチルくん蒸剤は 21 日に被覆除去した。

【処理区】 ヨーカヒューム処理のみ、弓を用いて被覆内に空間を設ける区と設けない区を設定した。臭化メチルくん蒸剤処理では被覆内に空間を設けなかった。

【調査】 3 月 15 日(処理開始から 55 日後)に処理区内部、縁部それぞれ 1 m²×3 区 の雑草発生本数を単子葉、双子葉別に調査した。

【結果】 処理区内部では、処理時の空間の有無に関わらず、雑草発生量は 10 本/m²以下に抑制できており、臭化メチルくん蒸剤と同様、高い効果が認められた(図 17)。しかし、縁部の発生の多かった箇所では、空間を設けていない区で 2,000 本/m²以上と発生が多かった(図 18)。

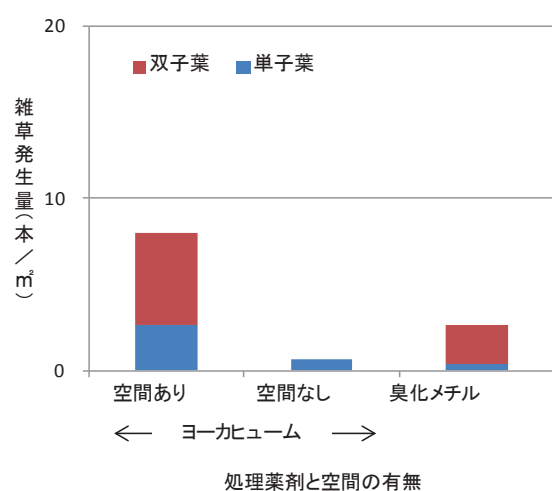


図 17 ヨーカヒューム処理時の被覆内空間の有無による雑草発生量の違い(処理区内部、2012 年和歌山市ショウガ栽培ほ場)

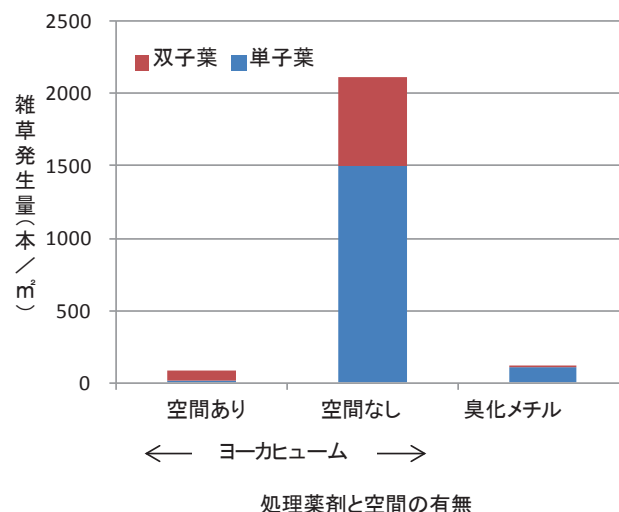


図 18 ヨーカヒューム処理時の被覆内空間の有無による雑草発生量の違い(処理区縁部、2012 年和歌山市ショウガ栽培ほ場)

☆ヨーカヒューム処理時にはガスの拡散を促し、効果を安定させるために被覆内空間を設ける。

資料6 栽培中の防除

目的 ショウガ栽培中の根茎腐敗病防除技術を確立する。

方法

【試験場所】長崎県総合農林試験場内 露地圃場（土壌の種類：黒ボク土）

【耕種概要】品種：大しょうが、作型：普通、植付：2009年4月17日、栽植密度：畦幅60cm、株間35cm、出芽始め：5月29日、施肥および肥培管理：長崎県農林基準技術によった。なお、種子（根茎）は採種圃産を使用した。

【区制・面積】1区6㎡(1.2×5m, 26株), 3連制

【処理方法】6月8日、24日、7月13日および8月5日の計4回、約2週間間隔で液剤は所定濃度の薬液をジョウロで株元中心に所定量灌注し、粒剤は株元に所定量散布した（表5）。

【病原菌の接種】植付前に汚染土壌を1L/㎡散布した。

【調査項目・時期・方法】6月26日から9月24日まで10日間隔で、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。また、薬害は随時、肉眼観察した。

結果

根茎腐敗病に対する生育期処理資材の体系として、オラクル顆粒水和剤2,000倍、1L/㎡、ランマンフロアブル500倍、1L/㎡又は1,000倍、3L/㎡とユニフォーム粒剤の組み合わせが有望と思われる。特にオラクル顆粒水和剤2,000倍、1L/㎡は、防除効果と処理労力の点から最も実用性が高い。また、処理順序はオラクル顆粒水和剤、ランマンフロアブルから開始する体系が、安定した効果が得られると考えられる（図22、23）。

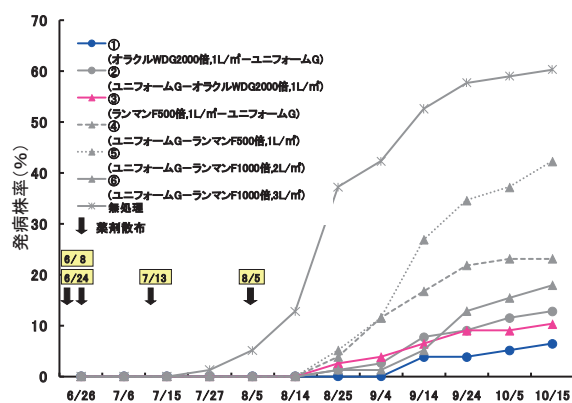


図23 根茎腐敗病の発病株率の推移（2009年）

表6：供試薬剤および試験区の構成

処理区	6月8日	6月24日	7月13日	8月5日
①	オラクルWDG 2000倍 1L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a	オラクルWDG 2000倍 1L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a
②	ユニフォームG 18kg/10a	オラクルWDG 2000倍 1L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a	オラクルWDG 2000倍 1L/㎡
③	ランマンF 500倍 1L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 500倍 1L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a
④	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 500倍 1L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 500倍 1L/㎡
⑤	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 1000倍 2L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 1000倍 2L/㎡
⑥	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 1000倍 3L/㎡	ユニフォームG 18kg/10a	ランマンF 1000倍 3L/㎡
無処理	—	—	—	—

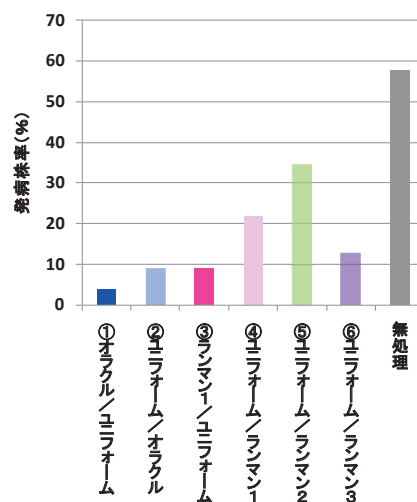


図22 生育期防除体系の違いによるショウガ根茎腐敗病の発病株率（2009年）
注）値は9月24日の調査データに基づく。

☆生育期防除は、体系を組んで行くと高い効果！
☆処理順序で効果に差。

資料7 二重被覆太陽熱土壤消毒の方法

太陽熱消毒は、弓を用いて二重被覆（写真5、図8）にすると一重被覆よりも効果が高まります。

消毒時の地温は、地表面に近い方が高温になるため、処理前に畝立てまで行っておくとより高い効果が得られます。

消毒中は、灌水パイプの変形を防ぐため、日中最高気温を 55℃程度に保つよう、ハウスサイドを一部開放して調整します。

灌水パイプを使用していない場合は、ハウスを閉め切って地温をあげます。ハウス内の最高気温から推定した消毒に必要な被覆期間は表5のとおりです。

ディ・トラペックス油剤またはトラペックスサイド油剤との併用では、発病か所周辺に部分的に二重被覆を行います。

薬剤および太陽熱土壤消毒の殺菌効果は、資料9（P.18）に紹介しています。



写真5 二重被覆太陽熱土壤消毒

表5 太陽熱土壤消毒期間の目安

ハウス内最高気温	被覆期間
50～55℃	30 日以上
60～65℃	15 日以上

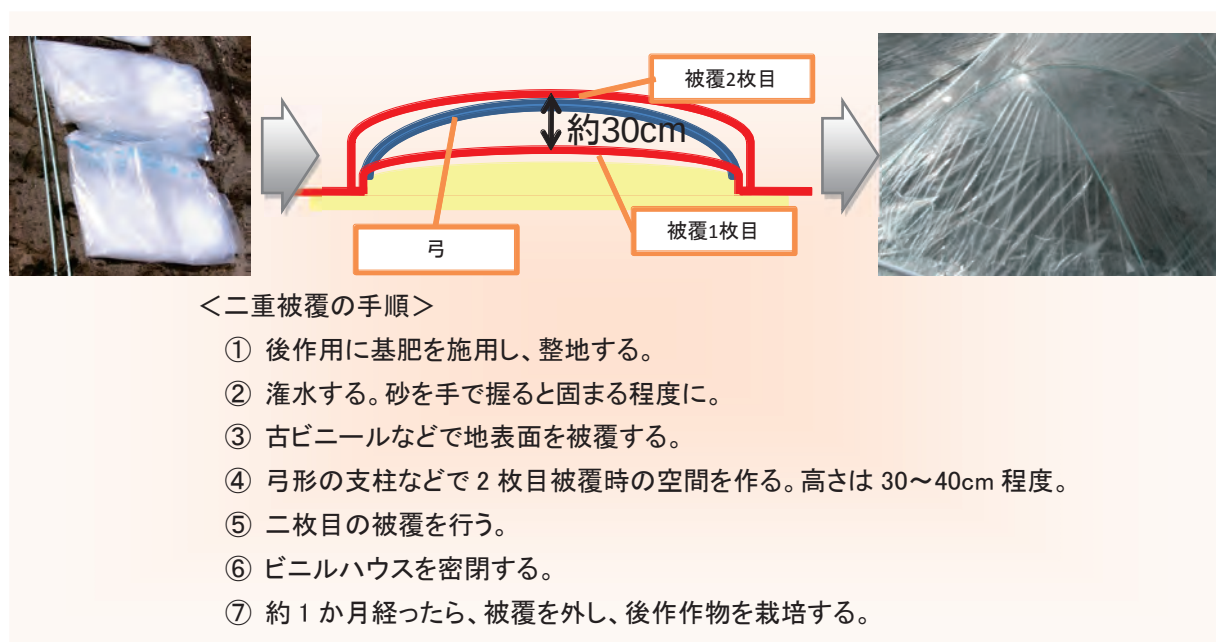


図8 二重被覆太陽熱土壤消毒の方法

資料8 収穫後の土壌消毒による殺菌効果

目的 収穫前の太陽熱消毒および土壌消毒剤のショウガ根茎腐敗病菌殺菌効果を明らかにする。

方法

【処理概要】 農業試験場内ガラスハウスで行った。太陽熱消毒は2009年7月30日～8月30日まで被覆期間を設けた。土壌消毒剤は7月30日に処理し、8月10日まで被覆した。

【処理区】 ①太陽熱二重被覆、②太陽熱一重被覆、③ディ・トラベックス油剤、④クロルピクリン錠剤

病原菌密度に対する太陽熱消毒の効果

【調査】 太陽熱消毒の前後に、各区の土壌を深さ別に回収し、土壌中ショウガ根茎腐敗病菌密度を調査した。

【結果】 太陽熱消毒前には、どの深さでも病原菌が多かった。処理後は、二重被覆では病原菌を検出せず、一重被覆でも無処理と比較して検出は少なかった（図24）。

病原菌生存率に対する太陽熱消毒の効果

【調査】 太陽熱消毒前に各区中央または端の畝表面から深さ10cmおよび30cmの地点にショウガ根茎腐敗病菌培養稲わらを埋設した。処理後、稲わらを回収し、菌糸伸長の有無から生存率を算出した。

【結果】 太陽熱消毒を行うと、病原菌の生存率は大きく低下した。二重被覆で一重被覆よりも効果が高かった（図25）。

病原菌生存率に対する薬剤の効果

【調査】 処理前に各区の畝表面から深さ10cmおよび30cmの地点にショウガ根茎腐敗病菌培養稲わらを埋設した。処理後、稲わらを回収し、菌糸伸長の有無から生存率を算出した。

【結果】 両薬剤とも、無処理と比較して病原菌の生存率は大きく低下した。ディ・トラベックス油剤の方が、クロルピクリン錠剤よりもやや効果が高かった（図26）。

☆太陽熱消毒による殺菌効果は高い。

☆二重被覆は、薬剤処理と同等以上の効果！

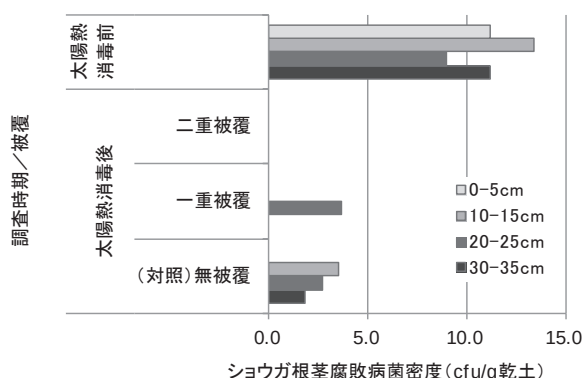


図24 夏期の土壌消毒剤処理によるショウガ根茎腐敗病菌の殺菌効果（2009年）

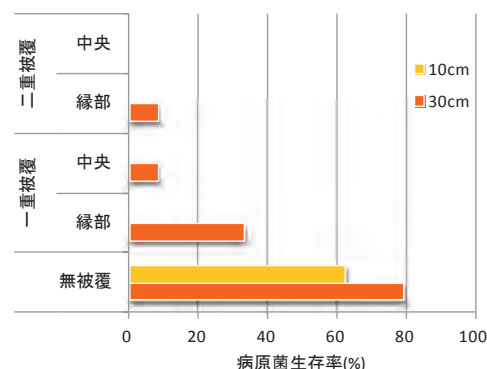


図25 夏期の太陽熱消毒によるショウガ根茎腐敗病菌の殺菌効果（2009年）

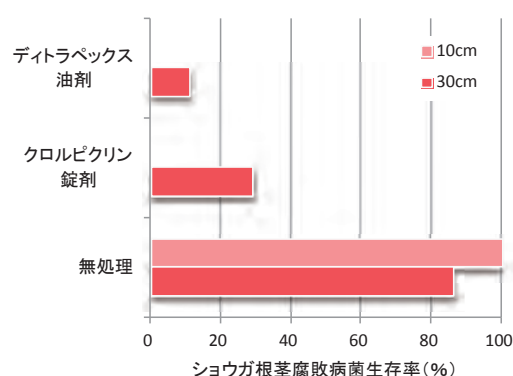


図26 夏期の土壌消毒剤によるショウガ根茎腐敗病菌の殺菌効果（2009年）

資料 9 高地温持続時間とショウガ根茎腐敗病菌生存率の関係

目的 高地温の持続時間がショウガ根茎腐敗病菌生存率に与える影響について明らかにする。

方法

砂土を充填した 5L ポリビーカーに病原菌培養稲わらを埋め込み、設定地温に保った。一定時間経過ごとに取り出して菌糸伸長の有無から病原菌の生存率を算出した。

結果

44℃では 5 時間、42℃では 72 時間、40℃では 148 時間、38℃では 168 時間持続すると病原菌生存率は 0 になった (図 27)。

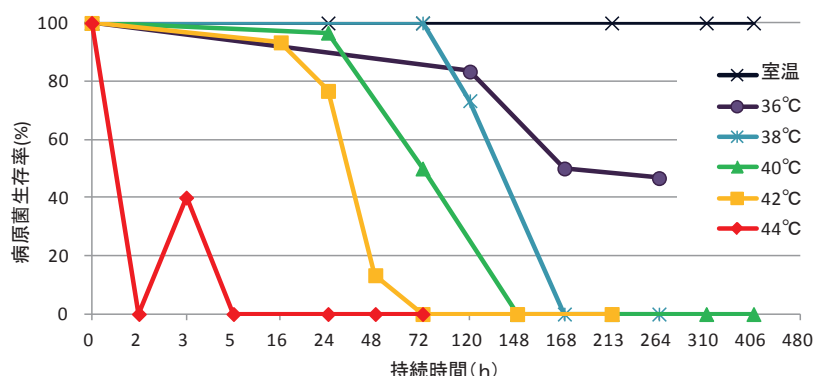


図 27 高地温持続時間が病原菌生存率に及ぼす影響 (2010 年)

資料 10 収穫後の太陽熱消毒 (ハウス内 1 日最高気温 50～55℃)

目的 ハウス内 1 日最高気温 50～55℃程度の条件の施設において、太陽熱消毒の被覆方法による地温積算時間とショウガ根茎腐敗病菌生存率を明らかにする。

方法

二重、一重被覆の太陽熱消毒処理区および無被覆区を設けた。処理前に各処理区(6×10m)の中央部および縁部の深さ 10 および 30cm の箇所に病原菌培養稲わらを埋め込み、7 月 30 日～8 月 30 日の処理期間後、回収して生存率を調査した。また、ハウス内気温と各地点の地温を 30 分おきに測定した。測定地点は、深さ 10cm では中央、30cm では中央および縁部とした。

結果

ハウス内 1 日最高気温は晴天日には 50～55℃程度に保たれた。二重被覆では、すべての調査地点で病原菌生存率が 8%以下であった (表 7)。

表 7 太陽熱消毒処理中の 40℃以上の積算時間と病原菌生存率 (2009 年)

土壌深度	被覆	測定地点	38℃以上積算時間 (hour)	40℃以上積算時間 (hour)	42℃以上積算時間 (hour)	44℃以上積算時間 (hour)	病原菌生存率 (%)
10cm	二重	中央	617	474	341	232	0.0
	一重		426	301	202	108	0.0
	無被覆		0	0	0	0	62.5
30cm	二重	中央	549	332	106	4	0.0
		端	381	139	14	0	8.3
	一重	中央	426	177	17	0	8.3
		端	180	50	0	0	33.3
	無被覆	中央	0	0	0	0	79.2

☆ハウス内 1 日最高気温が 50～55℃程度では、約 1 か月間の二重被覆により深さ 30cm まで高い殺菌効果。

資料 1 1 収穫後の太陽熱消毒（ハウス内 1 日最高気温 60～65℃）

目的 ハウス内 1 日最高気温 60～65℃程度の条件の施設において、太陽熱消毒の被覆方法による地温積算時間と病原菌生存率を明らかにする。

方法

被覆はポリフィルムによる二重被覆、処理区面積約 24 m²で、8 月 3 日から①6 日、②15 日の処理期間を設けた。調査は、深さ 30cm の地温と病原菌生存率について行った。病原菌生存率は、処理前に病原菌培養稲わらを各処理区深さ 30cm に埋設し、処理開始から 6 日後と 15 日後にそれぞれ回収して生存率を調査した。

結果

地温は処理開始から 3 日目に 40℃に達した（図 28）。6 日後には、38℃以上の積算時間は 100 時間に満たず、病原菌生存率も 90%以上であったが、15 日後には 40℃以上の積算時間が約 130 時間となり、病原菌生存率も 0 になった（図 29）。日中最高気温 60℃が確保できる施設では、2 週間の処理でも殺菌効果が期待できる（表 8）。

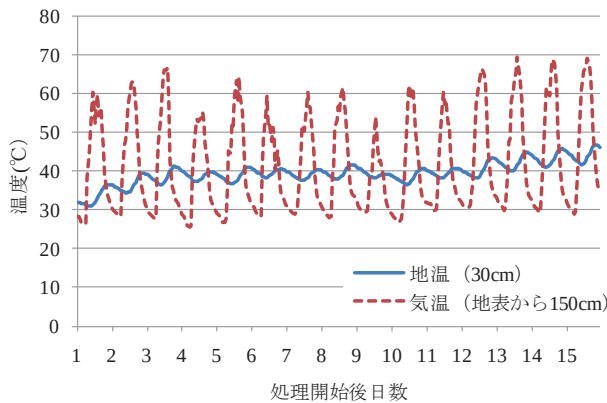


図 28 処理期間中の施設内気温と地温の推移

表 8 処理開始 6 日後および 15 日後の地温積算時間（h）

地温	処理期間	
	6 日	15 日
38℃以上	83	257
40℃以上	26	129
42℃以上	0	46
44℃以上	0	17

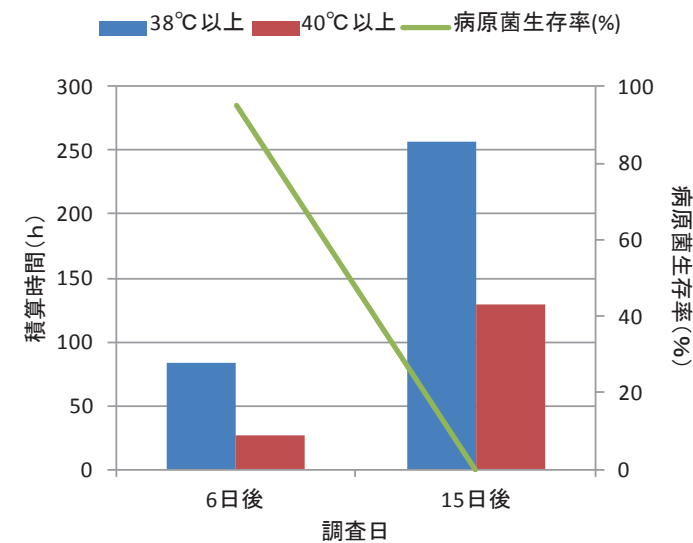


図 29 処理開始 6 日後および 15 日後の地温積算時間と病原菌生存率

★ハウス内 1 日最高気温が 60～65℃程度では、約 15 日間の二重被覆により深さ 30cm まで高い殺菌効果。

資料 1 2 ショウガ根茎腐敗病菌による葉菜類の発病

目的 ショウガ根茎腐敗病菌による後作葉菜類への影響を調査する。

方法

供試作物 コマツナ、シュンギク、ホウレンソウ、ミズナ、カラシナ

供試種子数：16～30 粒（4～5 粒／穴）

試験場所 人工気象器内（温度 25 または 30℃、湿度 99%設定）

人工汚染土壌を作成し、50 穴セルトレイ 4 穴または 6 穴に詰め、供試作物をは種した。

【調査】は種後 7～18 日に発芽率（は種数に対する発芽個体数の割合）および立枯発生率（発芽個体数に対する立枯個体数の割合）を調査した。

結果

コマツナは、菌密度が高くなると不発芽が多くなった。それ以外の作物については、発芽率の低下はなかった（図 30）。立枯症状の発生はホウレンソウとミズナで認められ、特にホウレンソウは発生率が高かった（図 31）。

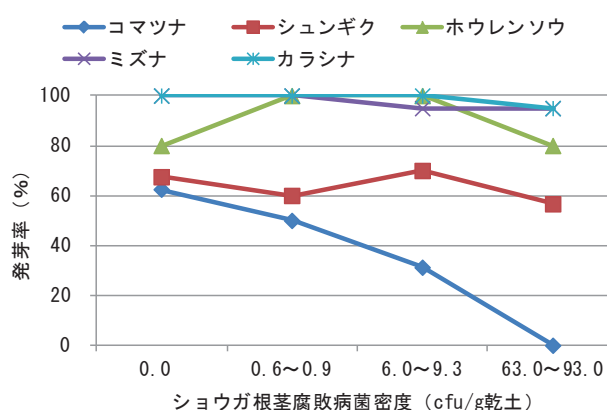


図 30 土壌中ショウガ根茎腐敗病菌による葉菜類の発芽率

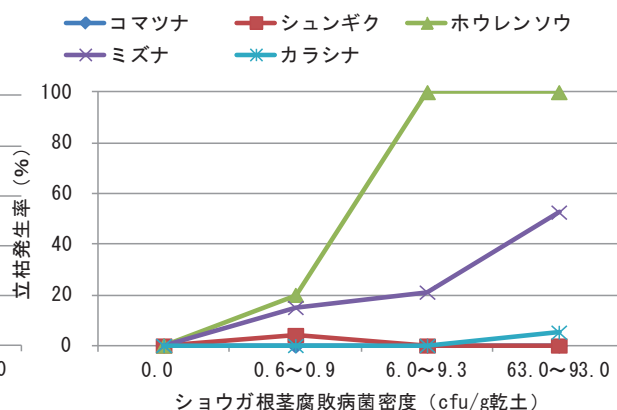


図 31 土壌中ショウガ根茎腐敗病菌による葉菜類の立枯発生率

☆ホウレンソウはショウガ根茎腐敗病菌に特に弱いため、根茎腐敗病が発生した圃場では品目を変える、夏の土壌消毒をしっかりと行うなどの手段をとる。

資料 1 3 定植前・収穫後の土壌消毒と土壌中病原菌密度

目的 定植前・収穫後の土壌消毒が土壌中の病原菌密度の増減に与える影響を明らかにする。

方法

ショウガ 1 作および葉菜類 1 作の作型において土壌消毒と病原菌密度の推移を調査した。ショウガ作付け前、2 月にヨーカヒューム処理区と無処理区を設け、7 月のショウガ収穫後、後作の葉菜栽培前の 8 月にそれぞれに太陽熱消毒区と無処理区を設けた (図 32)。ショウガの栽培中、収穫後、葉菜類の収穫後に土壌中の病原菌密度を調査した。

結果

ショウガ根茎腐敗病汚染圃場において、ショウガ定植前にヨーカヒュームを処理すると、処理しない場合よりもショウガ栽培中の土壌中の病原菌密度が低く、発病の危険性は低下した。また、収穫後に太陽熱消毒を行うと、ヨーカヒューム処理の有無に関わらず、病原菌は葉菜栽培後まで検出されなかった。しかし、太陽熱消毒をしないと葉菜栽培後にも病原菌密度は低下しなかった。これらのことから、年に 2 回、ショウガ定植前と収穫後に土壌消毒を行うと土壌中病原菌密度を低く保て、また、発病がみられた場合でも、後作葉菜類への影響は少なくなると考えられた。

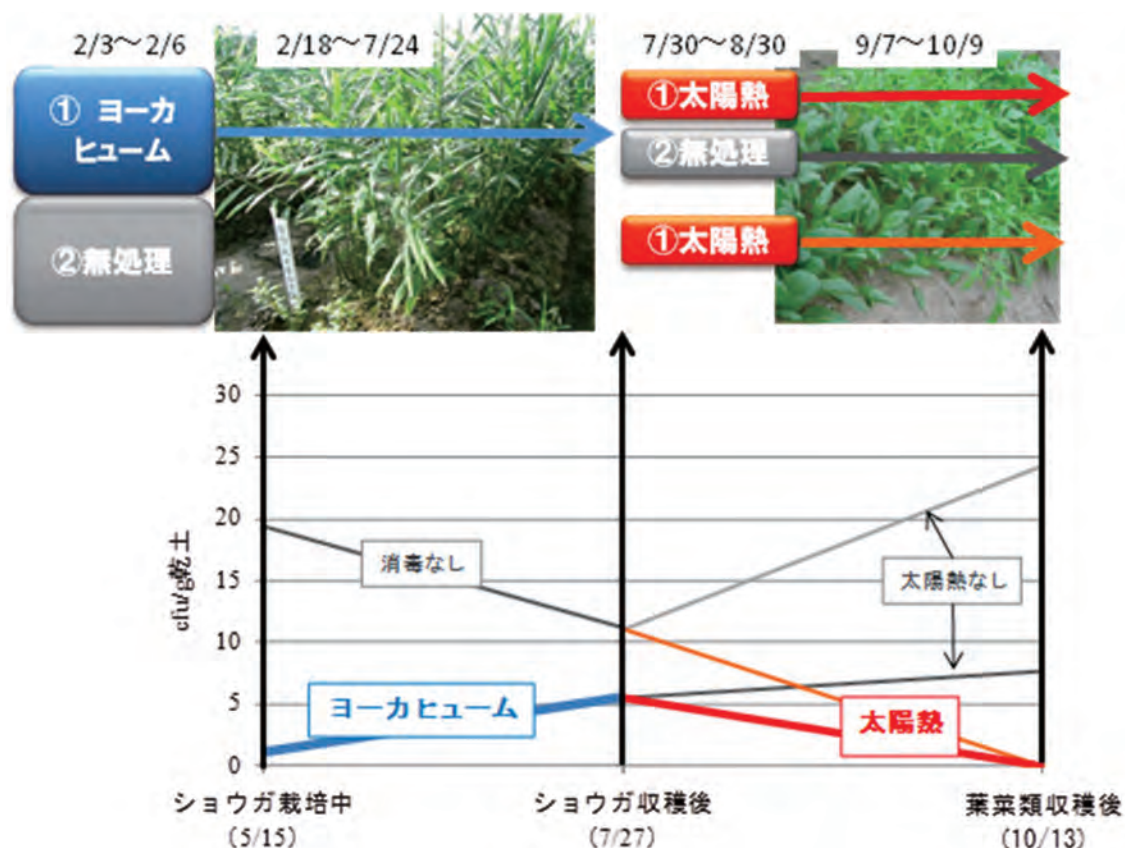


図 32 土壌消毒が土壌中病原菌密度に与える影響

★ 年に 2 回、ショウガ定植前と収穫後に土壌消毒を行うと高い効果！

資料 1 4 定植前の土壌消毒と栽培中の防除の組み合わせによる効果

目的 ショウガ定植前のヨーカヒュームによる土壌消毒と栽培中の防除の組み合わせがショウガ根茎腐敗病菌の防除効果に与える影響について検討する。

方法

ショウガ定植前のヨーカヒューム処理と栽培中の防除を組み合わせた試験区を設けた（表 9）。ヨーカヒュームは、2011 年 2 月 16 日、16.5 m²/区、反復なしでくん蒸処理し、各処理区内に 1×4 m²/畝の 3 反復を設け、ショウガ定植 2011 年 3 月 18 日、収穫 8 月 16 日とした。栽培中防除は表 10 の通り薬剤防除を行った。無処理区は 1×4 m²/区で 2 反復とした。

結果

ショウガ根茎腐敗病の発病シュート率および根茎の発病度は、ヨーカヒューム処理を行った区で小さく、高い防除価であった。一方、栽培中の防除のみの区の根茎発病度は、無処理と同等であった。少発生条件では、ヨーカヒューム処理のショウガ根茎腐敗病に対する防除効果が高く、栽培中の防除のみの効果は低いと考えられた（図 33）。

表 9 試験区

区	ヨーカヒューム処理	栽培中の防除
①	○	○
②	○	×
③	×	○
無処理	×	×

表 10 栽培期間中の防除

処理日	薬剤	希釈倍数・薬量
6 月 15 日	ランマンフロアブル	500 倍・1L/m ²
6 月 27 日	ユニフォーム粒剤	18g/ m ²
7 月 12 日	ランマンフロアブル	500 倍・1L/m ²
7 月 25 日	ユニフォーム粒剤	18g/ m ²

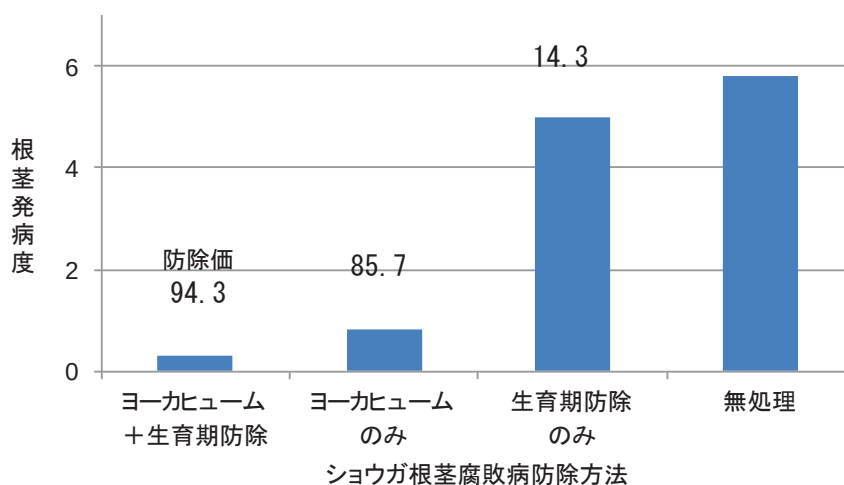


図 33 ショウガ根茎腐敗病防除方法による発病度の違い (2011 年)

注) 発病の調査方法： ショウガ根茎腐敗病の発病は、発病シュート数が発生シュート数に占める割合および根茎の発病程度を調査した。ショウガの発病程度は、各区 250～400g/塊程度の根茎 30 個/区について、発病指数で評価した。発病指数は、0:根茎の発病なし、1:直径 1cm 以上の病斑数が 2 以下、2:直径 1cm 以上の病斑数が 3 以上、または表面積の 1/3 未満が病斑、3:表面積 1/3 以上 2/3 未満が病斑、4:表面積 2/3 以上が病斑とし、発病度は $\sum (\text{指数別発病根茎数} \times \text{指数}) / (\text{調査根茎数} \times 4) \times 100$ とした。

☆ショウガ根茎腐敗病の防除には、定植前の土壌消毒の効果が高く、栽培中の防除を組み合わせることで効果がやや高まる。

資料 15 定植前・収穫後の土壌消毒体系による経営費試算と収益性の評価

目的 ショウガと葉菜類の年間作付け体系において、土壌消毒の有無が収益性等の経営に与える影響について検討する。

方法

農業試験場内ガラスハウス（ショウガ根茎腐敗病人工汚染ほ場）において、2月にヨーカヒュームで土壌消毒を行ってショウガを栽培した後、8月に太陽熱消毒を行ってホウレンソウを栽培する区と、土壌消毒を行わずに同様の栽培を行う区を設け、各品目の収量を調査した。処理区は16㎡/区で土壌消毒は反復なし、ショウガおよびホウレンソウの栽培は、各処理区の中に1.2×4mの3反復を設けて行い、ショウガは各反復内の2㎡、ホウレンソウは1㎡×2ヶ所を調査区とした。

結果

試算の結果、作付け前の土壌消毒の有無による所得は、ショウガで約46万円、ホウレンソウで約34万円土壌消毒を行った方が高くなった。また、ショウガとホウレンソウ各1作の年間作付け体系では、ヨーカヒュームと太陽熱で土壌消毒を行った場合は、土壌消毒を行わなかった場合より所得は約80万円多くなり、所得率は約6%高くなった（表11）。

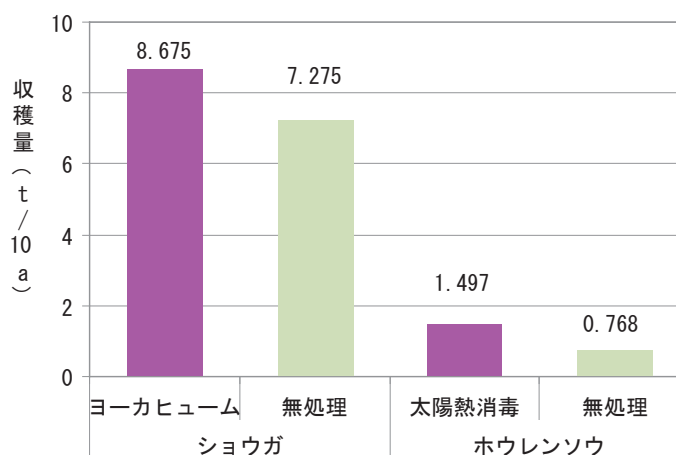


図 34 各試験区の収量 (10a あたり)

表 11 定植前・収穫後の土壌消毒体系による経営試算 (10a あたり)

(単位 千円)

品 目 (作 型)	作付体系		品目内訳			
	ショウガ (7月どり、施設・加温) ＋ ホウレンソウ (9月まき10月どり)		ショウガ (7月どり、施設・加温)		ホウレンソウ (9月まき10月どり)	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし
作付前の土壌消毒 【土壌消毒剤等】	【ヨーカヒューム】 【太陽熱】	—	【ヨーカヒューム】	—	【太陽熱】	—
粗収益	5,417	4,273	4,589	3,848	828	424
経営費 【うち土壌消毒費用】	2,828 【168】	2,483 【0】	2,380 【168】	2,102 【0】	448 【0】	382 【0】
所得 (所得率)	2,589 (47.8%)	1,790 (41.9%)	2,209 (48.1%)	1,747 (45.4%)	379 (45.8%)	43 (10.1%)
【土壌消毒の有無による所得の差】 (所得率の差)	【799】 (5.9%)		【463】 (2.8%)		【337】 (35.8%)	

注 1) ショウガ、ホウレンソウの収量は図 34 のとおり。

注 2) 粗収益は、収量に大阪中央卸売市場における過去 5 年間（市場計、2006～2010 年）の和歌山県産月別平均単価（新ショウガ：7 月 529 円/kg、ホウレンソウ：9 月 553 円/kg）を乗じて算出した。

注 3) 経営費には、種苗費、肥料費、農薬費、光熱動力費、その他諸材料費、減価償却費、修繕補修費、出荷手数料、包装資材費を含む。なお、太陽熱による土壌消毒はハウス外張りに使用した後のビニルを再利用して行うものとした。また、減価償却の負担率は、当該経営をショウガ 40a と葉菜 80a の複合経営として算出した。

注 4) 金額は百円以下を四捨五入して表示しているため、一部計算結果が一致しない。

編 集 委 員／衛藤 夏葉・岡本 晃久・間佐古将則・小山 昌志・島津 康
林 寛子・安井 洋子

編集事務局／津田 新哉

平成 24 年 12 月 3 日 初版発行

「和歌山県の施設ショウガ産地のための
脱臭化メチル栽培マニュアル」

編 集 所 和歌山県農業試験場

発 行 所 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター

〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1

電話 029-838-8481

印刷・製本 佐藤印刷株式会社

