

ショウガ根茎腐敗病の薬剤防除体系

Systematic Chemical Control for Rhizome rot Caused by *Pythium zingiberis* on Ginger

森山美穂・古家 忠・行徳 裕*

Miho MORIYAMA, Tadashi FURUIE and Yutaka GYOTOKU

要 約

ショウガ根茎腐敗病は、甚大な被害を及ぼし、最も防除を必要とする土壤病害である。本病に卓効を示す臭化メチル剤は2013年に全廃された。そこで、臭化メチル剤の代替防除技術を確立するため、①既存の土壤くん蒸剤の防除効果の確認、②生育期殺菌剤の効果的な処理条件の検討、③土壤くん蒸剤と生育期殺菌剤とを組合せた薬剤防除体系での防除効果の検証、を目的とした。①では、低温期の施用で十分な効果が得られないとされる土壤くん蒸剤ダゾメット粉粒剤（バスアミド微粒剤）について、土壤くん蒸消毒（以下、土壤消毒とする）中の地温を高める方法として、土壤消毒前に土壤を被覆する方法（以下、予熱処理とする）を検討した。その結果、①では、土壤くん蒸剤であるバスアミド微粒剤とヨウ化メチル剤（ヨウ化ヒューム）は定植後75～90日間、クロルピクリンくん蒸剤（クロルピクリン錠剤）では60日間効果が持続することを確認した。また、予熱処理は、バスアミド微粒剤での土壤消毒中も地温が高くなり、防除効果を向上させることを明らかにした。②では、生育期殺菌剤としてシアゾファミド水和剤（ランマンフロアブル）を用い、本剤の効果的な処理間隔は3週間間隔であり、初発病前から全株処理すると防除効果が向上した。この処理は、灌水チューブを利用すると効率的であった。③では、予熱処理を行い土壤消毒と生育期殺菌剤との薬剤防除体系は、予熱処理を行わず薬剤防除体系を行う場合と比較して、その防除効果を向上させることを明らかにした。

キーワード：ショウガ、根茎腐敗病、予熱処理、土壤くん蒸剤、生育期殺菌剤、薬剤防除体系

I 緒言

熊本県におけるショウガ栽培は、県央部の中山間地域の水田を転換した露地圃場を中心に行われている。1970年頃、稲作転換作物としてショウガが奨励されたこともあり、畑圃場から棚田で栽培されるようになった。

栽培面積が増加し、同一圃場で連作されるようになると、1975年頃から立ち枯れや根茎が腐敗する症状が発生し問題となった。1983年、田上ら⁸⁾により、これらの症状は既に一谷・新須¹⁾および高橋⁷⁾が報告した*Pythium zingiberis*によるショウガ根茎腐敗病であることが明らかとなった。本菌に感染した株は、茎葉地際付近に暗緑色で水浸状の変色を生じ、上部へと進展する。また、それとともに、葉の黄化が下位葉から上位葉に進む。最終的には立枯症状となり、地際部から倒伏する。感染した根茎は、表面あるいは内部で淡褐色から暗黒色水浸状に変色し、組織が軟化し腐敗する。本病原菌の生育適温は32～35℃付近、発病適温は20～37℃とされ⁹⁾、発病の進展は温度の上昇とともに早くなる⁶⁾。本菌は、土壤中では主に卵胞子で存在し、伝搬は胞子のうから水中に放

出される遊走子により行われる。健全ショウガに達した遊走子は、発芽管を組織に伸ばして侵入する。遊走子濃度が低い場合でも短時間で感染する⁹⁾。そのため、本菌が一度圃場に侵入すると、感染は畝立て等の管理作業だけでなく、土壤水の移動でも急速に拡大するため、防除は非常に困難である。

本県主産地での根茎腐敗病は、一次茎の展開葉が5～8枚となる梅雨明け前後の7月中下旬から発生する。その後、気温の上昇に伴い、圃場内で感染が広がる。8月下旬頃、病勢はやや緩慢になるが、10月中旬まで発病株が増加する。本病の発生期間は、約8ヶ月のショウガ栽培期間中、約半分の4ヶ月間と長い⁴⁾。さらに、本病は生産物である根茎を腐敗させ、経済的に甚大な被害をもたらすため、ショウガ栽培で最も警戒を要する病害である。

本県での根茎腐敗病の防除には、効果が高く、簡便で安価な土壤くん蒸剤である臭化メチル剤が基幹防除剤として利用されてきた。しかし、臭化メチル剤はオゾン層破壊物質に指定され、2013年に全廃となった。そのため、

*：農林水産部生産局農業技術課

臭化メチル剤に代わる防除技術の開発が必要となった。

根茎腐敗病防除薬剤としては、土壌くん蒸剤と生育期に処理する殺菌剤（以下、生育期殺菌剤とする）がある。ショウガ根茎腐敗病菌は、前述のとおり、短時間で感染し、急速に圃場内に広がるため、土壌くん蒸剤単独や生育期殺菌剤単独だけで防除することは困難である。そのため、これからの根茎腐敗病の薬剤防除は、土壌くん蒸剤と生育期殺菌剤を組合せて体系的に施用する、薬剤防除体系で行う必要がある。しかし、これまで土壌くん蒸剤と生育期処理剤の体系防除技術は確立されていない。

薬剤防除体系で高い防除効果を得るためには、各薬剤に適した時期や方法に基づいて体系を組立てる必要がある。そこで、本試験は、①土壌くん蒸剤の防除効果の再確認、②生育期殺菌剤の効果的な処理条件の検討、③土壌くん蒸剤と生育期殺菌剤との薬剤防除体系での防除効果の検証を目的とした。

①では、臭化メチル剤代替の土壌くん蒸剤のうち処理労力がかからない点から本県産地へ普及が見込めるダゾメット粉粒剤（商品名：バスアミド微粒剤、アグロカネショウ、以下 Da 剤）、ヨウ化メチル剤（ヨウ化ヒューム、アリストライフサイエンス、以下 MI 剤）、クロロピクリン剤（クロロピクリン錠剤、南海化学、以下 Cr 剤）の効果を確認した。

次に、3種の土壌くん蒸剤のうち、経済的で除草効果もあり、最も普及性が高いと考えられるDa剤の防除効果を向上させる方法について検討した。Da剤は、地温15℃以下でガス化しにくいという特性があり、低温期に土壌くん蒸消毒（以下土壌消毒）を実施すると効果が不安定性となる問題が起りやすい⁴⁾。そこで、土壌消毒中の地温を高めるために、Da剤を施用する前に土壌をビニル被覆する方法（以下予熱処理）について検討した。

②では、生育期殺菌剤として、試験開始時に登録があり、耐性菌出現が報告されていないシアゾファミド水和剤（商品名；ランマンフロアブル、石原産業、以下 Si 剤）を用い、これまで明らかでなかった処理間隔や処理範囲等の処理条件について検討した。

③では、①、②の結果をもとに構築した Da 剤と Si 剤組合せた薬剤防除体系の効果を確認した。さらに、予熱処理を組込んだ薬剤防除体系での効果の向上についても検討した。本稿では、これらの結果について報告する。なお、本試験は、2008年からの実用技術開発事業「臭化メチル剤から完全に脱却した産地適応型栽培マニュアルの開発」で実施された。

II 材料および方法

1. 土壌くん蒸剤の効果確認試験

1) 試験圃場

試験は、根茎腐敗病菌以外の土壌病原菌侵入リスクを低くするため、熊本県農業研究センター露地コンクリート枠（コンクリート枠地下30cm、地上30cm、無底、6m×11m、）圃場（以下、露地枠圃場）で実施した。前作で根茎腐敗病の発生を認めた圃場を、予め耕起し供試した。試験区は、幅45cmのあぜ波板を区の境界に深さ30cmにとなるよう露地枠圃場に埋め込み、1/2（3m×11m）に分けて1区とし、2反復とした。

2) 土壌消毒

Da 剤は、2010年3月24日に、専用器具（バスサンバー、アグロカネショウ）で30kg/10aを散布し、トラクターで土壌と混和後、4月17日までの24日間、農業用ビニル（厚さ0.05mm）で被覆し、くん蒸した（以下、Da区とする）。

MI 剤は、2010年3月30日に、15kg/10a量となるよう、MI 剤缶を地表面に配置した。ガス化したヨウ化メチルの拡散に必要な空間を確保するため、コンテナを地表面に配置し、農業用ビニル（厚さ0.05mm）で被覆した。MI 缶は、ビニルの上から開缶し、4月16日までの17日間くん蒸した（以下、MI区とする）。

両区とも4月18日に、トラクターで2回耕起することでガスを除去した。

Cr 剤は、2011年3月24日に1万粒/10aを圃場に散粒し、トラクターで土壌と混和後、農業用ビニル（厚さ0.05mm）で被覆し、4月14日までの21日間くん蒸した。4月18日にトラクターで2回耕起を行うことでガスを除去した（以下、Cr区とする）。

2010年、2011年の無処理区は、土壌消毒を行なわなかった。

3) 供試種ショウガ

八代地域農業協同組合および熊本宇城農業協同組合から購入した健全な種ショウガ‘土佐1号’を供試した。

4) 定植、栽植密度および栽培管理

2010年の試験では4月18日に定植した。2011年の試験では4月19日に定植した。栽植密度は、2010年および2011年の試験とも株間40cm、畝幅80cm、畝間70cmとして、1区を2畝とした。1条植えで1畝に24株植え付け、定植株数を1区48株とした。栽培管理は、2010年、2011年の試験とも熊本県野菜耕種基準²⁾に準じた。

5) 生物検定

定植30日後から定植90日後まで、10～15日毎に各試験区3ヶ所（圃場中央と両端）から土壌を採取し、1個のワグネルポット（1/5000a）に均一になるよう混和し、1ポット当たり1個のII、1、3の種ショウガを定植した。各試験枠で2ポット、土壌くん蒸剤当たり計4ポ

ット、4個を供試した。定植時期の違いによる発病への影響を確認するため、各時期に、園芸育苗床土（商品名；NKK野菜育苗培土）入りのワグネルポット1ポットにⅡ，1，3）の種ショウガ1個を定植し、4ポット準備した。全ワグネルポットは生産環境研究所病害虫研究室の開放型ガラス温室内で約180日間管理し、茎での発病の有無を調査した。最終調査時は、ワグネルポットから株を堀取り、根茎での発病の有無を調査した。

6) 発病調査

調査は、定植60日後頃の立茎から収穫まで全株を対象に、ほぼ10日毎に行った。特に、本試験では、根茎腐敗病菌の二次感染による発病を考慮して、初発病日に評価の重点をおいたため、初発病日確認までの調査間隔は、ほぼ5日間とした。発病株の判定は、ショウガ1株の1茎でも初期病徴（茎葉付近に暗緑色で水浸状の変色）が見られた株とした。発病株は発病調査時に除去した。発病株率は、1区毎の累積発病株と調査株数から算出し、この値を平均した。

2. Da 剤施用前予熱処理の効果試験

試験は2009年～2011年に行った。2009年では、Da 剤の施用前の予熱処理が防除効果に及ぼす影響について検討した。2010年は、予熱処理を行うことにより、予熱処理中の土壌水分や地温、土壌消毒中の地温にどのように影響するかを検討した。2011年は、予熱処理の処理期間について検討した。

1) 試験場圃場

試験は露地枠圃場で実施し、Ⅱ，1，1）と同様に試験区を設置した。

2) 試験区の設定

2009年と2010年の試験では、30日間予熱処理後にDa 剤で土壌消毒した区（以下A区）と予熱処理を行わずにDa 剤で土壌消毒した区（以下B区）、予熱処理も土壌消毒も行わなかった区（以下C区）を設定した。

2011年の試験では、30日間の予熱処理後Da 剤で土壌消毒した区（以下30日区）、20日間の予熱処理後Da 剤で土壌消毒した区（以下20日区）、10日間の予熱処理後Da 剤で土壌消毒した区（以下10日区）、予熱処理を行わずにDa 剤で土壌消毒した区（以下無処理区）を設定した。

3) 予熱処理

2009年は2月20日から3月22日までの30日間、2010年は2月21日から3月23日までの30日間、予め耕起した露地枠圃場を農業用ビニル（厚さ0.05mm）で被覆した。2011年の30日区では2月22日～3月23日まで、20日区では3月4日～3月23日まで、10日区では3月14日～3月23日まで農業用ビニル（厚さ0.05mm）で被

覆した。

4) 地温及び土壌水分の測定

2010年と2011年に予熱処理期間中の地温を記憶式温度測定装置（商品名：おんどとりTR-52、ティアンドデイ）で測定した。測定地点は、2010年はA区とB区、2011年は30日区と無処理区の3ヶ所の深さ10cm、20cm、30cm地点とした。

土壌水分測定は2010年に行った。被験土壌は、予熱処理前と予熱処理後に、A区とB区の3ヶ所から採取し、110℃で12時間の乾燥処理による重量から算出した。

5) 土壌消毒

2009年は3月23日に、2010年は3月24日に、2011年は3月23日にDa 剤30 kg/10aをバスサンバーで散布し、トラクターで土壌と混和後、予熱処理で用いたビニルで被覆した。2009年は4月18日までの26日間、2010年は4月18日までの25日間、2011年は4月14日までの22日間、くん蒸した。2009年と2010年は4月19日に、2011年は4月14日と18日にトラクターで2回耕起することでガスを除去した。

6) 供試種ショウガ

Ⅱ，1，3）と同じものを供試した。

7) 定植、栽植密度および栽培管理

2009年は4月20日に、2010年と2011年は4月19日に定植した。栽植密度、定植株数および栽培管理はⅡ，1，4）と同様とした。

8) 発病調査

3ヶ年とも、Ⅱ，1，7）と同様の方法で調査した。

3. Si 剤の処理間隔の確認試験と薬剤体系防除での Si 剤の効果的な処理条件および処理方法の効率化試験

Si 剤の効果的な処理間隔を明らかにするための試験（以下、間隔試験とする）は2010年に行った。2010年は、Da 剤とSi 剤の薬剤防除体系におけるSi 剤の効果的な処理開始時期と処理範囲（以下、開始範囲試験とする）について検討した。2011年は、Da 剤とSi 剤の薬剤防除体系におけるSi 剤の効率的な処理方法（以下、効率試験とする）について検討した。

1) 試験圃場

2010年の間隔試験は、熊本県農業研究センター連棟ビニルハウス内に設置したコンクリート枠（地下50 cm、地上20 cm、無底、2 m×2 m）（以下、連棟枠とする）で実施した。前作で根茎腐敗病の発生を認めた連棟枠圃場を供試した。

2010年の開始範囲試験と2011年の効率試験は、Ⅱ，1，1）と同じ圃場で、同様の方法で試験区を設置した。

2) 試験区の設定

2010年の間隔試験は、Si 剤を3週間毎、4週間毎、5週間毎、6週間毎に処理する区を設定した。無処理区はSi 剤を処理しなかった。各区とも3反復とした。

2010年の開始範囲試験は、Si 剤の処理開始を初発病前とし全株に処理後、3週間毎に2回、計3回全株に処理する区（以下試験1区）、Si 剤の処理開始時を初発病後とし、全株に処理後、3週間毎に2回、計3回処理する区（以下試験2区）、初発病後に、発病株と発病株に隣接する株を含む1m四方に本剤を処理（以下慣行の処理範囲）後、3週間毎に慣行の処理範囲に2回、計3回処理する区（以下対照区）を設定した。無処理区は、土壤消毒のみを行い、Si 剤を処理しなかった。各区ともに2反復とした。

2011年の効率試験では、Si 剤を灌水チューブ（商品名：スミサンスイ R、住化農業資材）で、初発病前から3回全株にSi 剤を処理する区（以下チューブ区）、対照として、Si 剤を動力噴霧器で、初発病後に慣行の処理範囲を処理後、3週間毎に慣行の処理範囲を2回、計3回処理する区（以下慣行処理区）、無処理区として、土壤消毒のみを行いSi 剤を処理しない区を設定した。各区とも2反復とした。

3) 土壤消毒

2010年の間隔試験は、土壤くん蒸剤による根茎腐敗病発病抑制の影響を除くため、土壤消毒は行わなかった。

2010年と2011年は、II、2、5）と同様に行った。

4) 供試種ショウガ

II、1、3）と同じものを供試した。

5) 定植、栽植密度および栽培管理

2010年の処理間隔試験では、4月20日に、畝幅60cm、畝間30cm、株間30cmで1区に2畝とした。1条植えて、1畝に6株とし、1区当たりの定植株数は12株とした。

2010年と2011年の定植、栽植密度、定植株数および栽培管理はII、2、7）と同様とした。

6) Si 剤の処理

全試験において、Si 剤の1000倍液を3L/m²処理した。

2010年の間隔試験の処理は、各区とも6月9日を基準として10月27日まで間を各間隔で行った。処理日は第1表に示した。

処理区名	処理間隔	処理日						
		開始日	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目
3週	3週間	6月9日 (50日) ¹⁾	6月30日 (71日)	7月21日 (92日)	8月11日 (113日)	9月4日 (137日)	9月21日 (154日)	10月13日 (176日)
4週	4週間	6月9日 (50日)	7月7日 (78日)	8月4日 (100日)	9月4日 (137日)	9月27日 (180日)	10月27日 (190日)	-
5週	5週間	6月9日 (50日)	7月14日 (85日)	8月17日 (119日)	9月21日 (164日)	10月27日 (190日)	-	-
6週	6週間	6月9日 (50日)	7月21日 (92日)	9月4日 (137日)	10月13日 (176日)	-	-	-
無処理	-	-	-	-	-	-	-	-

1)定植後日数

2010年の開始範囲試験における試験1区の初発病前の処理日は、主産地における平均の初発病日を元に⁴⁾、定植90日後の7月18日に1回目処理を行った。その他の処理日は第2表に示した。

試験区名	処理開始時期	処理範囲	処理日			試験区での初発病日
			1回目	2回目	3回目	
試験1	初発病前	全株	7月18日 (90日) ¹⁾	8月9日 (112日)	8月28日 (131日)	8月9日 (112日)
試験2	初発病後	全株	7月28日 (100日)	8月17日 (120日)	9月6日 (140日)	7月28日 (100日)
対照	初発病後	発病株 周辺	8月9日 (112日)	8月28日 (131日)	9月17日 (151日)	8月9日 (112日)
無処理	-	-	-	-	-	7月28日 (100日)

1)定植後日数

2011年の効率試験における処理日は、慣行処理区が、8月4日（初発病日、定植107日後）、8月24日（定植127日後）、9月12日（定植146日後）であった。灌水チューブ区の1回目の処理日も前述の方法を元に、定植87日後の7月15日に行った。1回目以降は8月4日（定植107日後）と8月24日（定植127日後）に処理した。

7) 発病調査と処理時間

2010年の間隔試験での調査は、定植50日後頃の立茎から収穫まで全株を対象に、ほぼ7日毎に行った。

2010年と2011年の露地圃場試験の調査は、定植60日後頃の立茎から収穫まで全株を対照に、ほぼ10日毎に、II、1、7）と同様に行った。

2011年は、各処理日で灌水チューブおよび動力噴霧器の処理時間を測定し、単位面積当たりの処理時間を算出した。

4. 薬剤体系の現地実証試験

これまで現地での根茎腐敗病に対する防除技術は、土壤消毒を実施し、Si 剤は、発病株を確認した時に発病株と発病株周辺の株を処理するものだった。そこで、主産地において、土壤消毒後、計画的にSi 剤を処理する薬剤体系について実証試験を行った。また、主産地の根茎腐敗病の発病推移を考慮したSi 剤の2回目以降の処理時期について検討した。

(1) 試験圃場と圃場規模

2010年は宇城市小川町の11aの農家圃場で、2011年は宇城市小川町の7.1aの農家圃場と八代市東陽町の4.2aの農家圃場で行った。

(2) 試験区の設定および規模

全ての試験とも、1つの圃場に試験区を設け、試験区間には何も設置しなかった。反復はなかった。

2010年は、Si 剤を灌水チューブ（スミサンスイ R）で初発病前に全株に1回、その後約3週間毎に2回全株に

処理する区（以下チューブ区）を 1.5a とした。対照として、Si 剤を農家が慣行で使用している背負い式動力噴霧器で、初発病後に発病株とその周辺の株を 1 回処理し、その後は、発病確認時に 2 回、発病株と発病株周辺の株を処理する区（以下慣行区）を 5.8a 設けた。無処理区は、土壌消毒のみを実施した区（以下無処理区）1.3a とした。

2011 年の宇城市圃場では Si 剤の 2 回目処理を 8 月中旬、3 回目処理を 9 月上旬に行う宇城 1 区 2.4a、2 回目処理を 8 月中旬、3 回目処理を 8 月下旬に行う宇城 2 区 2.3a、2 回目処理を 8 月中旬、3 回目処理を 8 月下旬に行う宇城 3 区 2.2a、土壌消毒のみを行う宇城無処理区 0.1a を設けた。

2011 年の八代市圃場では、Si 剤の 2 回目処理を 7 月下旬、3 回目処理を 9 月下旬に行う八代 1 区 1.2a、2 回目処理を 8 月下旬、3 回目処理を 9 月下旬に行う八代 2 区 1.1a、2 回目処理を 7 月下旬、3 回目処理を 8 月下旬に行う八代 3 区 1.8a、土壌消毒のみを行う八代無処理区 0.1a とした。

（3）土壌消毒

宇城市圃場の 2010 年は 4 月 9 日に、2011 年は 4 月 12 日に Da 剤を 30 kg/10a バスサンパーで散布し、トラクターで土壌と混和後、農業用ビニル（厚さ 0.05mm）で被覆した。2010 年は 5 月 16 日までの 37 日間、2011 年は 5 月 15 日まで 33 日間くん蒸した。

八代市圃場では、3 月 14 日に Da 剤を現地慣行処理量 60 kg/10a バスサンパーで散布し、トラクターで土壌と混和後、農業用ビニル（厚さ 0.05mm）で 4 月 14 日まで 31 日間くん蒸した。

全試験とも、土壌消毒後、定植までにトラクターで 2 回耕起することでガスを除去した。

（4）定植、栽植密度および栽培管理

宇城市圃場の 2010 年は 5 月 17 日に、2011 年は 5 月 16 日に定植した。2010 年の各区の定植株数は、灌水チューブ区 1444 株、対照区 3932 株、無処理区は 402 株であった。2011 年の各区の定植株数は、栽植株数は宇城 1 区 1167 株、宇城 2 区 979 株、宇城 3 区 810 株、宇城無処理区 48 株であった。

八代市圃場では 4 月 21 日に定植した。各区の定植株数は、八代 1 区 472 株、八代 2 区 410 株、八代 3 区 684 株、八代無処理区 30 株であった。

全試験とも、定植には健全な種ショウガ‘土佐 1 号’を用い、栽植密度および栽培管理は現地慣行とした。

（5）Si 剤の処理量、濃度、処理日

宇城市圃場では、2010 年、2011 年ともに灌水チューブは 6 月中旬頃に設置した。2010 年の Si 剤の処理は、チューブ区が 7 月 26 日、8 月 8 日、8 月 31 日、慣行区が

8 月 8 日、8 月 15 日、8 月 31 日に行った。2011 年の Si 剤の処理は、各試験区とも 1 回目を 7 月 8 日に行い、その後、宇城 1 区は 8 月 10 日、9 月 13 日に、宇城 2 区は 8 月 10 日、8 月 22 日に、宇城 3 区は 8 月 10 日、8 月 22 日に行った。

八代市圃場では、灌水チューブは 6 月下旬頃に設置した。Si 剤の処理は、各試験区とも 1 回目を 7 月 3 日に行い、その後、八代 1 区は 7 月 28 日、9 月 26 日に、八代 2 区は 8 月 24 日、9 月 26 日に、八代 3 区は 7 月 28 日、8 月 24 日に行った。

全試験とも、Si 剤の 1000 倍液を 3 L/m²処理した。

（6）発病調査

全試験とも、6 月下旬から収穫時まで 14～21 日間隔で全株を対象に行い、累計発病株数と栽植株数から発病株率を算出した。

5. 予熱処理を組んだ薬剤防除体系試験

土壌くん蒸剤と生育期殺菌剤との薬剤防除体系の防除効果をより向上させる目的で、薬剤体系防除の前に予熱処理を行い、防除効果を調査した。

1) 試験圃場と試験区の設定

試験は 2012 年に、II, 1, 1) と同様の圃場で実施し、試験区を設置した。

試験区は、予熱処理と Da 剤と Si 剤の体系防除を行った区（以下、予熱薬剤区とする）、予熱処理を行わず Da 剤と Si 剤の体系防除を行った区（以下、薬剤区とする）、Da 剤のみを施用した区（以下、くん蒸区とする）を設けた。試験は 2 反復で行った。

2) 予熱処理と土壌消毒

予熱処理は、2012 年 3 月 7 日に、予め耕起した露地枠圃場を農業用ビニル（厚さ 0.05mm）で 3 月 26 日まで 20 日間行なった。3 月 26 日に、Da 剤 30kg/10a をバスサンパーで散布後、トラクターで土壌と混和後、農業用ビニル（厚さ 0.05mm）で被覆し、4 月 23 日までくん蒸した。4 月 23 日にビニルを除去後、4 月 24 日と 25 日にトラクターで耕起することでガスを除去した。

予熱処理から土壌消毒終了までの地温は II, 2, 4) と同様の方法で測定した。

3) 供試種ショウガ

II, 1, 3) と同じものを供試した。

4) 定植、栽植密度および栽培管理

4 月 27 日に定植した。栽植密度、定植株数および耕種概要は、II, 1, 4) と同様とした。

5) Si 剤の処理量と処理日

Si 剤の 1000 倍液を 7 月 30 日、8 月 23 日、9 月 11 日に灌水チューブ（スミサンスイ R）で 3 L/m²処理した。

6) 発病調査

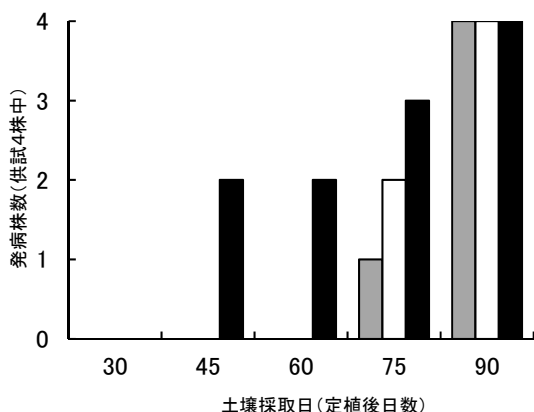
調査は、Ⅱ，1，7)と同様に行った。

Ⅲ 結果

1. 土壌くん蒸剤の効果確認試験

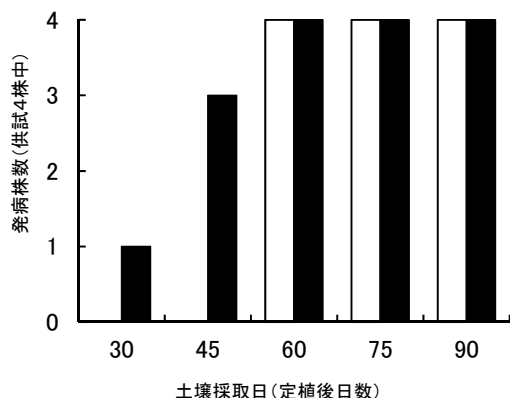
1) 生物検定

2010年において、無処理区は、45日後以降に採取した土壌に植付けたショウガで発病を認めた。これに対し、BA区では、定植75日後以降の土壌に植付けた株で発病を確認した。また、MI区では、定植75日後以降の土壌に植付け株において発病を確認した(第1図)。



第1図 バスアミド微粒剤(Da剤)とヨウ化ヒューム(MI剤)処理土壌での根茎腐敗病発病株数(2010)

1区3地点から土壌を採取し、ワグネルポット(1/5000)に均等に入れ、1ポット当たり1個を定植した。各試験枠で2ポット、計4ポット4株供試した。■:Ba区から、□:MI区から、●:無処理区から採取した土壌に定植した4株の発病株数。



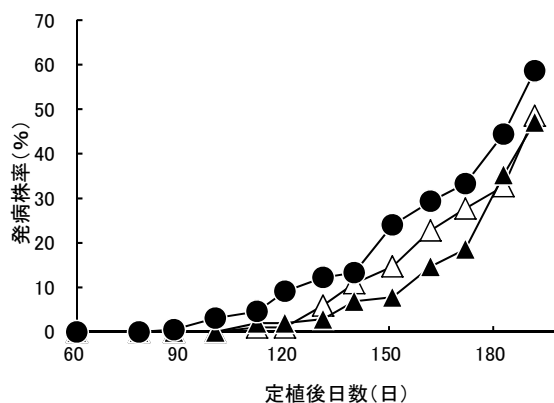
第2図 クロルピクリン錠剤(Cr剤)処理土壌での根茎腐敗病発病株数(2011)

1区3地点から土壌を採取し、ワグネルポット(1/5000)に均等に入れ、1ポット当たり1個を定植した。各試験枠で2ポット、計4ポット4株供試した。□:Cr区から、■:無処理区から採取した土壌に定植した4株の発病株数。

2011年において、無処理区では、定植30日以降に採取した土壌に植付けた株で発病が認められたのに対し、Cr区では、定植60日以降に採取した土壌に植付けた株で発病が認められた(第2図)。

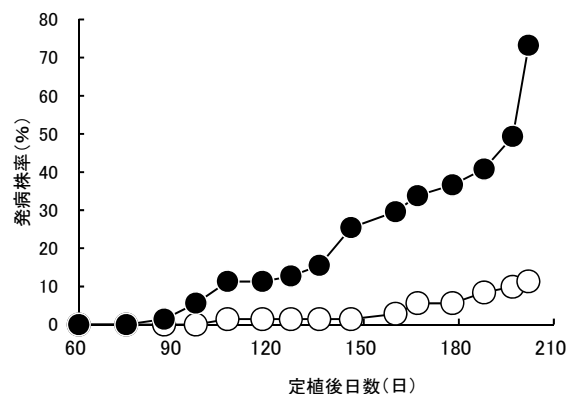
2) 圃場での発病調査

2010年の試験では、無処理区の初発病日は定植88日後の7月16日であった。これに対し、Ba区、MI区の初発病日は、無処理区に比較して24日遅い定植112日後の8月8日であった。収穫時(10月28日、定植192日後)の発病株率は、無処理区が58.6%に対し、Ba区で48.5%、MI区で47.1%であった(第3図)。



第3図 Da剤およびMI剤で土壌消毒後の圃場における根茎腐敗病発病株率の推移(2010)
 数値は1区48株の2反復の平均値。△:Da区、▲:MI区、●:無処理区の発病株率

2011年の試験では、無処理区での初発病日は定植87日後の7月15日であったのに対し、Cr区での初発病日は、無処理区より20日遅い定植107日後の8月4日であった。収穫時(11月7日、定植202日後)の発病株率は、無処理区では73.2%であったのに対し、Cr区では11.3%であった(第4図)。

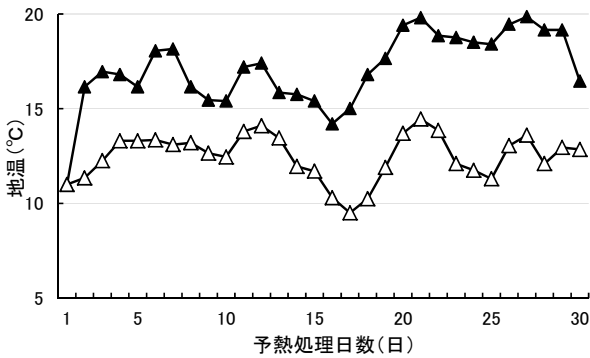


第4図 Cr剤で土壌消毒後の圃場における根茎腐敗病発病株率の推移(2010)
 数値は1区48株の2反復の平均値。○:Cr区、●:無処理区の発病株率

2. Da剤施用前予熱処理の効果試験

1) 予熱処理による地温と土壌水分への影響

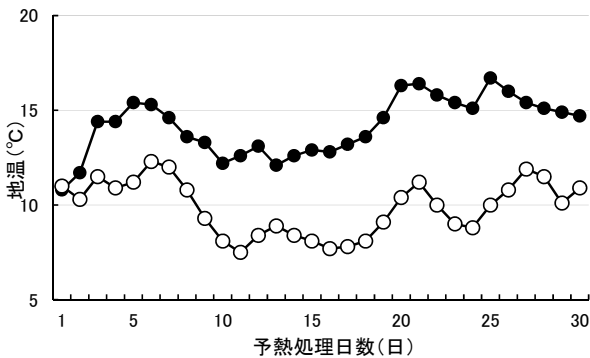
2010年の予熱処理を行ったA区の深さ20cmの地温は、予熱処理を行わなかったB区の同地点の地温に比べて、予熱処理終了時で3.6℃高く、予熱処理期間中では平均4.6℃高かった(第5図)。また、A区の深さ10cmおよび30cm地点の平均地温は、B区に比べて深さ10cm地点で4.8℃、深さ30cm地点で2.9℃高かった。



第5図 予熱処理の有無による深さ20cm地点の日平均地温の推移(2010)

▲: 予熱処理を行ったA区, △: 予熱処理を行わなかったB区での地温の推移。

2011年の予熱処理を行った30日区の深さ20cmの地温は、予熱処理を行わなかった無処理区の同地点の地温に比べて、予熱処理終了時で3.8℃高く、予熱処理期間中では平均4.3℃高かった(第6図)。また、30日区の深さ10cmおよび30cm地点の平均地温は、無処理区に比べて深さ10cm地点で4.8℃、深さ30cm地点で3.4℃高かった。



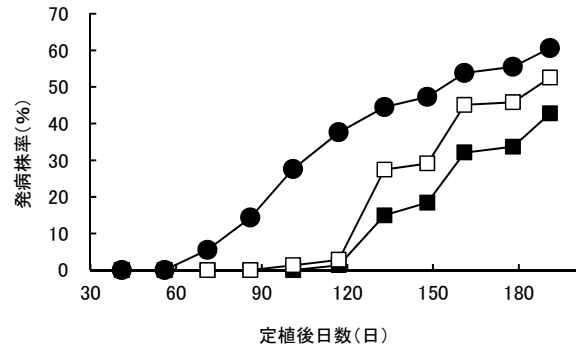
第6図 予熱処理の有無による深さ20cm地点の日平均地温の推移(2011)

●: 予熱処理を行った30日区, ○: 予熱処理を行わなかった無処理区での地温の推移。

予熱処理前のA区およびB区の土壌水分は $38.4 \pm 1.2\%$ (平均 \pm SD)であった。予熱処理後は予熱処理を行ったA区では $38.7 \pm 1.6\%$ であったのに対し、予熱処理を行わなかったB区では $34.9 \pm 2.4\%$ であった。

3) 発病調査

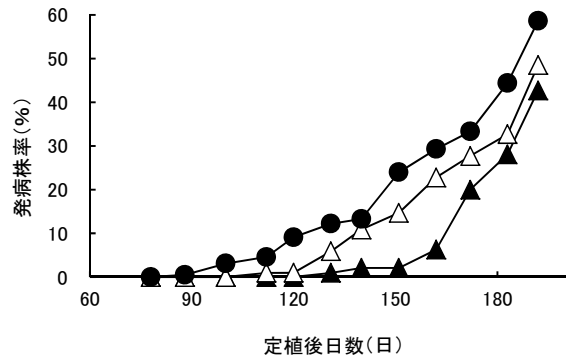
2009年の試験では、予熱処理も土壌消毒も行っていないC区での初発病日は定植71日後の6月30日、収穫時(10月27日、定植191日後)の発病株率は60.6%であった。このような条件下において、30日間予熱処理を行いDa剤で土壌消毒を行ったA区の初発病日は定植117日後の8月15日であったのに対し、予熱処理を行わずDa剤で土壌消毒を行ったB区の初発病日は16日早い定植107日後の7月30日であった。収穫時発病株率はA区で42.8%、B区で52.6%であった(第7図)。



第7図 予熱処理の有無による根茎腐敗病の発病株率の推移(2009)

数値は1区48株の2反復の平均値で示した。■: A区, □: B区, ●: C区の発病株率

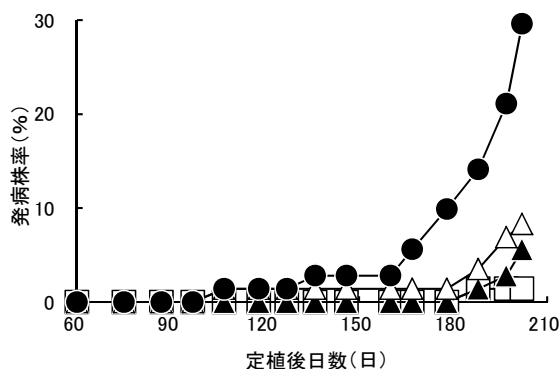
2010年の試験では、予熱処理も土壌消毒も行っていないC区での初発病日は定植88日後の7月16日、収穫時(10月28日、定植192日後)の発病株率は58.6%であった。このような条件下において、30日間予熱処理後にDa剤で土壌消毒を行ったA区の初発病日は定植131日後の8月28日であったのに対し、予熱処理を行わずDa剤で土壌消毒を行ったB区の初発病日は19日早い定植112日後の8月9日であった。収穫時発病株率はA区で42.7%、B区で48.5%であった(第8図)。



第8図 予熱処理の有無による根茎腐敗病の発病株率の推移(2010)

数値は1区48株の2反復の平均値で示した。▲: A区, △: B区, ●: C区の発病株率

2011年の試験では、予熱処理を行わずDa剤で土壤消毒を行った無処理区での初発病日は定植107日後の8月4日で、収穫時(11月7日、定植202日後)の発病株率は29.6%であった。これに対し、30日間の予熱処理後Da剤で土壤消毒を行った30日区、20日間の予熱処理後Da剤で土壤消毒を行った20日区での初発病日は定植188日後の10月24日で、無処理区と比較して81日遅かった。10日間の予熱処理後Da剤で土壤消毒を行った10日区での初発病日は、無処理区の初発病日と同日の107日後であった。収穫時の発病株率は、30日間処理区で1.4%、20日間処理区で5.6%、10日区で8.3%であった(第9図)。



第9図 異なる予熱処理期間による根茎腐敗病の発病株率の推移 (2011)

数値は1区48株の2反復の平均値で示した。□：30日区、▲：20日区、△：10日区、●：無処理区の発病株率

3. Si 剤の処理間隔の確認試験と薬剤体系防除での Si 剤の効果的な処理条件および処理方法の効率化試験

1) Si剤の効果的な処理間隔 (処理間隔試験)

2010年の連棟枠試験では、土壌くん蒸剤の影響を排除するために、土壤消毒は行なわなかった。Si剤を処理していない無処理区の初発病日は定植79日後の7月7日で、定植170日後の10月6日には発病株率が100%となった。供試区の初発病日は、3週区で定植107日後の8月4日、4週区および5週区で定植86日後の7月14日、6週区で定植114日後の8月11日であった。各試験区で3回処理1週間後の発病株率は、3週区で0.0%、4週区で23.3%、5週区で52.2%、6週区で55.6%であった。初発病は6週区で最も遅く認められたが、同じ処理回数後の発病株率が最も低かったのは、Si剤を3週間間隔で処理した3週区であった。

2) 薬剤体系防除でのSi剤の効果的な処理開始時期と処理範囲 (開始時範囲試験)

2010年の露地枠圃場での試験において、Da剤で土壤消毒を行った無処理区での初発病は、定植90日後の7月18

日に認められた。収穫時(10月28日、定植192日後)の発病株率は63.3%となった。初発病を確認後に慣行の処理範囲(Ⅱ, 3, 2)に1回、その後約3週間毎に2回、慣行の処理範囲に処理した対照区は、初発病を定植100日後の7月28日に認め、収穫時の発病株率は51.5%であった。これに対し、初発病後に1回全株に処理し、その後、約3週間毎に2回全株に処理した試験2区では、初発病を定植112日後の8月9日に認め、収穫時の発病株率は34.3%で、対照区と比較して発病株率は低かった。初発病前に1回全株に処理し、その後約3週間毎に2回全株に処理した試験1区では、初発病を8月9日(定植112日後)に認めた。その後の発病は緩慢で、収穫時の発病株率は26.5%で、試験2区より高い効果が認められた(第3表)。

第3表 異なる処理開始時期と処理範囲にランマンフロアブルを処理した場合の根茎腐敗病発病株率(%)

ランマンフロアブルの処理方法		定植後日数(日)											
		60	90	100	112	120	131	140	151	192			
区名	1回目の処理		2, 3回目の処理		試験1		試験2		対照				
	処理時期	処理範囲	処理時期	処理範囲	日	対照	①	②	③	③			
試験1	初発病前	全株	1回目処理後約3週間毎	全株			①	②	③				
					0.0	0.0	0.0	2.1	2.2	3.0	3.0	3.1	26.5
試験2	初発病後	全株	1回目処理後約3週間毎	全株									
					0.0	0.0	0.0	6.1	6.2	7.0	10.0	10.0	34.3
対照	初発病後	慣行の処理範囲	1回目処理後約3週間毎	慣行の処理範囲									
					0.0	0.0	2.0	4.8	4.2	8.9	9.1	17.0	51.5
無処理(土壤消毒のみ)	-	-	-	-	0.0	2.0	6.1	7.5	12.0	18.4	20.4	38.0	63.3

数値は全て2反復の平均値を示す。1)O数字はそれぞれ処理回数を示す。

3) Si剤の効率的処理方法の検討

2011年の露地枠圃場試験において、土壌くん蒸消毒のみを行った無処理区の初発病日は、定植87日後の7月15日で、収穫時(11月7日、定植202日後)の発病株率は73.2%であった。肩掛け式動力噴霧器で初発病後に慣行の処理範囲に1回処理後、約3週間毎に慣行の処理範囲に2回処理した慣行処理区での初発病は、定植107日後の8月4日に認められ、収穫時の発病株率は29.6%であった。一方、灌水チューブで初発病前に全株に1回処理後、約3週間毎に2回全株に処理した灌水チューブ区での初発病は、定植107日後の8月4日で慣行処理区と同日であった。しかし、その後の発病は緩慢で、収穫時の発病株率は9.7%で、慣行処理区の発病株率よりも低かった(第4表)。処理時間は、慣行処理区で14時間/10aであったのに対し、灌水チューブ区は1.5時間/10aで約10分の1であった。

4. 薬剤体系防除の現地実証試験

2010年の宇城市試験において、Da剤で土壤消毒のみ行

第4表 Si剤の効率的な処理方法試験における根茎腐敗病発病株率(%)

区名	処理器具	1回目処理		2,3回目の処理		定植後日数(日)									
		処理時期	処理範囲	処理時期	処理範囲	灌水日数	①			②			③		
							77	87	97	107	118	136	146	202	
灌水チューブ	灌水チューブ	初発病前	全株	1回目処理後約3週間毎	全株	0.0 ^(%)	0.0	0.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	9.7	
慣行処理	肩掛け式動力噴霧器	初発病後	慣行の処理範囲	1回目処理後約3週間毎	全株	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	2.8	2.8	29.6		
無処理(土壌消毒のみ)	-	-	-	-	-	0.0	1.4	5.6	11.3	11.3	15.5	25.4	73.2		

数値は全て2反復の平均値を示す。1)O数字はそれぞれ処理回数を示す。

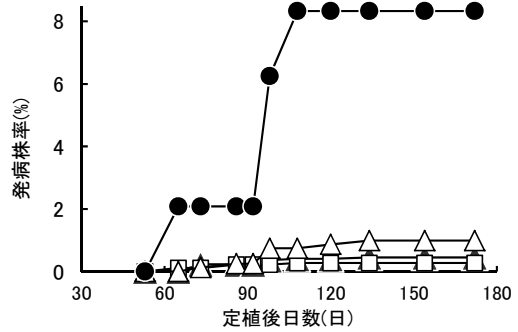
った無処理区では、初発病を定植97日後の7月15日に認め、収穫時(11月18日、定植185日後)の発病株率は27.9%であった。Si剤を背負い式動力噴霧器で、初発病後に発病株とその周辺の株を1回処理し、その後は、発病確認時に2回、発病株と発病株周辺の株を処理する慣行区では、定植83日後の7月1日に初発病を認め、収穫時の発病株率は22.5%であった。これに対し、初発病前に全株に1回、その後約2~3週間毎に2回全株に処理するチューブ区での初発病は無処理区と同じ定植97日後に認められた。その後の発病は緩慢で、収穫時の発病株率は13.6%となり、慣行区よりも低かった(第5表)。

第5表 宇城市圃場における薬剤防除体系の根茎腐敗病発病株率(%) (2010年)

区名	処理器具	1回目処理		2,3回目の処理		定植後日数(日)														
		処理時期	処理範囲	処理時期	処理範囲	灌水日数	①			②			③							
							80	70	83	97	106	118	127	149	156	189	201			
灌水チューブ	灌水チューブ	初発病前	全株	1回目処理後約3週間毎	全株	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.7	1.0	1.8	1.8	6.3	13.6				
慣行処理	肩掛け式動力噴霧器	初発病後	発病株とその周辺株	発病株を1週間毎に見つけるとその周辺株	発病株とその周辺株	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.7	2.8	6.5	10.9	16.7	22.5				
無処理(土壌消毒のみ)	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	3.0	4.5	8.0	12.4	20.1	27.9				

数値は全て2反復の平均値を示す。1)O数字はそれぞれ処理回数を示す。

2011年の宇城市試験において、Da剤で土壌消毒のみを行った宇城無処理区では、定植65日後の6月20日に初発病を確認し、収穫時(11月4日、定植172日後)の発病株率は8.3%であった。これに対し、Si剤2回目処理を8月上旬、3回目処理を9月上旬に行った宇城1区と、2回目処理を8月上旬、3回目処理を8月上旬に行った宇城3区での初発病は7月20日(定植65日後)で、Si剤2回目処理を8月下旬、3回目処理を9月上旬に行った宇城2区での初発病は7月28日(定植73日後)で、各試験区の初発病はほぼ同時期であった。収穫時発病株率でも、宇城1区で0.5%、宇城2区で0.3%、宇城3区で1.0%となり、2回目以降の処理時期の違いによる差は認められなかった(第10図)



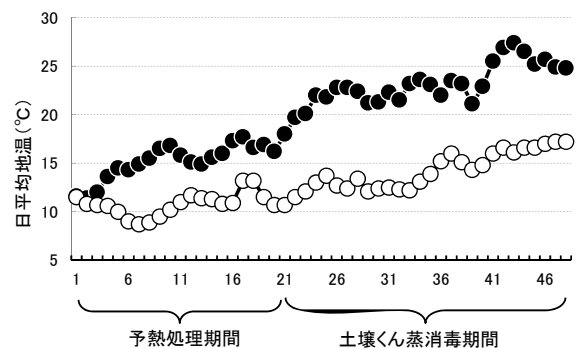
第10図 Si剤の2回目以降の異なる処理時期による発病株率の推移(宇城市, 2011)

各区とも全株調査、反復なし。▲:宇城1区(Si剤を7月下旬、8月上旬、8月下旬に処理)1167株、□:宇城2区(Si剤を7月下旬、8月下旬、9月中旬に処理)979株、△:宇城3区(Si剤を7月下旬、8月上旬、8月下旬に処理)810株、●:無処理区(土壌消毒のみ)78株における発病株率

2011年の八代市試験においてDa剤で土壌消毒のみ行った八代無処理区では、初発病を定植126日後の8月25日に確認し、収穫時(11月4日、定植197日後)の発病株率は5.7%であった。これに対し、Si剤2回目処理を7月下旬、3回目処理を8月下旬に行った八代3区では、8月11日(定植112日後)に初発病を確認したが、2回目処理を7月下旬、3回目処理を9月下旬に行った八代1区および2回目処理を8月下旬、3回目処理を9月下旬に行った八代2区では、定植126日後の8月25日に初発病を確認した。収穫時発病株率は、八代1区が1.5%、八代2区が0.4%、八代3区が0.9%で、いずれの試験区でもほぼ同程度であり、2回目以降の処理時期の違いによる差は認められなかった。

5. 予熱処理と薬剤防除体系試験

予熱処理期間中、予熱処理とDa剤とSi剤の体系防除を行った予熱薬剤区と、予熱処理を行わずDa剤とSi剤の体

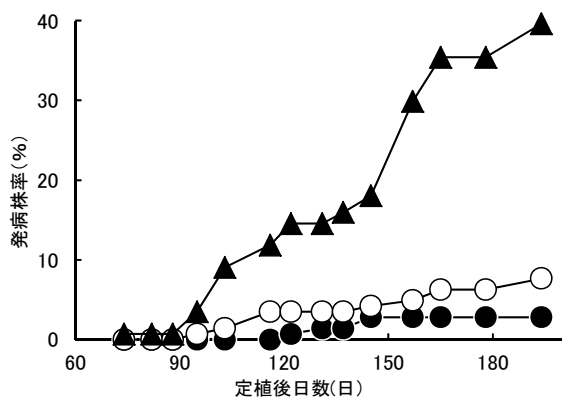


第11図 予熱処理から土壌くん蒸消毒終了までの20cm深の日平均地温の推移(2012)

●:予熱薬剤区。○:薬剤区。

系防除を行った薬剤区の平均地温の差は4.3℃であった。土壤消毒でのビニル被覆の除去やトラクターでの土壤混和により、予熱薬剤区の地温は一時低下した。しかし、その後は速やかに上昇し、土壤消毒当日でも、予熱薬剤区の地温は薬剤区と比べ、最大で7.4℃高かった。土壤消毒中の予熱薬剤区の平均地温は24.8℃、薬剤区の平均地温は17℃であった（第11図）。

圃場における根茎腐敗病の発生については、予熱処理を行わずDa剤での土壤消毒のみ行ったくん蒸区の初発病は、定植74日後の7月10日であった。また、収穫時（11月9日、定植196日後）の発病株率は39.6%であった。薬剤区では、定植103日後の8月8日初発病を確認し、収穫時の発病株率は7.7%であった。これに対し、予熱薬剤区の初発病は薬剤区より28日遅い定植131日後の9月5日に確認した。また、収穫時の発病株率は2.8%となり、薬剤区と比べて高い防除効果が認められた（第12図）。



第12図 予熱処理と薬剤体系防除による根茎腐敗病発病株率の推移

発病株率は1区48株の2反復での平均値。●：予熱薬剤区（予熱処理と土壤くん蒸消毒と生育期殺菌剤を初発病前と3週間毎に2回処理）での発病株率。○：薬剤区（土壤くん蒸消毒と生育期殺菌剤を初発病前と3週間毎に2回処理）での発病株率。▲：くん蒸区（土壤消毒のみ）での発病株率

IV 考察

1. 土壤くん蒸剤の効果

これまでの調査⁴⁾から、本県においてショウガ根茎腐敗病は、ショウガ本葉が5～8枚となる定植75日後頃から発生する。根茎腐敗病菌は根茎から感染し、立茎後の茎葉に症状を呈するため、定植から立茎まで、土壤くん蒸剤の効果がどの程度持続しているか不明である。そこで、今後、本県主産地で臭化メチル剤代替の土壤くん蒸剤として利用頻度が高いと考えられる、バスアミド微粒剤（以下Da剤）、ヨウ化ヒューム（2012年販売中止、以

下MI剤）およびクロロピクリン錠剤（以下Cr剤）について、生物検定で、地上部で発病が確認できない立茎までの土壤くん蒸剤の効果を確認した。土壤消毒を行わない圃場では、地温が根茎腐敗病菌の発病適温（20～37℃）⁹⁾に近くなる定植45日後の土壤に植付けたショウガで発病を認めた。一方、各土壤くん蒸剤処理圃場では、定植60～75日後以降の土壤に植付けたショウガで発病を認めた。このことは、各土壤くん蒸剤により、初期の根茎腐敗病菌密度が抑制され、感染頻度が低下していると考えられた。山崎も⁹⁾遊走子濃度が高くなるほど発病株率および発病程度が高まる傾向があると報告している。以上から、Da剤とMI剤は定植から75～90日間、Cr剤は定植から60日間程度、根茎腐敗病菌密度を感染し発病を成立させる頻度を抑制すると考えられた。さらに、圃場試験においても、無処理区と比較して各土壤くん蒸剤を処理すると、初発病が遅くなり、収穫時の発病株も少なくなることから、各土壤くん蒸剤は初期の根茎腐敗病菌密度を抑制していることが明らかとなった。

以上から、土壤くん蒸消毒剤として本試験で供試したDa剤、MI剤、Cr剤はいずれも臭化メチル剤の代替土壤くん蒸剤として実用性があると考えられた。しかしながら、これら土壤くん蒸剤を臭化メチル剤代替剤として普及するためには、防除効果だけではなく、臭化メチル剤の利点であった経済性や除草効果についても考慮する必要がある。そこで、本試験で供試した土壤くん蒸剤の中で、防除効果も認められ、経済性や除草効果もあるDa剤を以下の薬剤防除体系試験における土壤くん蒸剤として選択した。

2. Da剤施用前における予熱処理の効果

Da剤は地温15℃以下ではガス化しにくい⁴⁾。本県主産地での土壤消毒は2月下旬から3月の低温期に実施されるため、Da剤の効果が安定しないという問題がある。そこで、土壤消毒前に予め圃場をビニル被覆して地温を高める方法、すなわち予熱処理を検討した。予熱処理を行うと、予熱処理行わない場合と比較して、深さ20cm地点で処理期間の平均地温が4.0℃以上上昇した。予熱処理終了時の予熱処理を行った場合の地温は、予熱処理を行わない場合と比較して3.5℃以上高かった。

土壤消毒の圃場での効果は、根茎腐敗病の一次感染をどの程度抑制できたかを主体に判定しなければならない。そのためには初発病日を確認することが重要である。3カ年の圃場調査において、予熱処理後にDa剤で土壤消毒を行なった圃場での根茎腐敗病の初発病日は、予熱処理を行わず土壤消毒を行った圃場に比べて10日以上遅かった。

2009年と2010年の試験では、予熱処理を行った区での収穫時の発病株率は、予熱処理を行わなかった区と比較して大きな相違はなかった。これは、初発病後の気象条件が根茎腐敗病菌の二次感染に適していたと考えられる。よって、土壌くん蒸剤だけではなく、生育期殺菌剤での防除、すなわち薬剤体系防除が必要と考えられる。

以上から、予熱処理を行うと土壌消毒中も高い地温が維持されることで、低温期においても、Da剤が土壌中で安定的にガス化したため、防除効果が向上したと考えられた。また、予熱処理は処理前後の土壌水分の変動が少なく、土壌消毒に適した土壌水分であった。このことは、予熱処理開始時に適当な水分があれば、処理期間中の天候に影響されず、計画的に土壌消毒を実施できる利点もあると考えられた。

低温期に使用するDa剤の防除効果を安定させるために必要な予熱処理期間は、初発病日をもとに考慮すると、最短20日間と考えられた。

3. Si剤の処理間隔の確認試験と薬剤体系防除でのSi剤の効果的な処理条件および処理方法の効率化試験

生育期殺菌剤Si剤は、高い防除効果を安定して示す²⁾。

本剤は予防効果や残効性に優れており、さらに、これまで耐性菌の報告がないことから、根茎腐敗病の防除薬剤として広く利用されている。しかし、十分な効果が認められない場合もある⁵⁾。この要因として、Si剤の処理条件（処理間隔や処理時期等）が不明確であることが考えられた。産地でのSi剤の処理条件は、圃場で発病株を確認した時に、発病株とその隣接した周辺1～2株に行うものである。これは、処理コストと処理労力の低減を目的としているため、予防効果が高いSiの特性を活かしている方法ではない。そこで、Si剤の効果的な処理条件を明らかにする目的で試験を行った。Si剤の効果的な処理間隔は、初発病日では6週区が最も遅かったが、同じ処理回数後の発病株率を比較すると、3週区では発病が認められなかった。一方、5週区および6週区では発病株率が50%以上となった。このことから、現地での効果的なSi剤処理間隔は3週間～4週間と考えられた。Si剤の効果的な処理範囲は、発病株を中心とした狭い範囲ではなく、圃場全株の処理であった。処理開始時期については、初発病後ではなく、初発病前に行うと高い防除効果が認められた。つまり、Si剤を初発病前から圃場全株に処理することで、圃場内の未発病感染株や未感染株にも処理されるため、予防的な効果が発揮されたと考えられた。さらに、Si剤の効率的な処理方法について検討した。本剤の処理は灌注であるため、慣行処理では、肩掛け式あるいは据置式の動力噴霧機を使い、噴霧口の液量

を調整しながら行っている。そのため、Si剤を初発病前から全株に処理する方法は労力がかかり普及性が低い。そこで、初発病前から全株に処理する方法として、肩掛け式あるいは据置式の動力噴霧器ではなく、灌水チューブを用いた。その結果、Si剤を初発病前から全株に灌水チューブで処理すると、慣行処理に比べて高い防除効果が認められた。また、灌水チューブでの処理時間は慣行処理に比べて10分の1となった。以上の結果から、灌水チューブで初発病前から全株にSi剤を処理する方法は効率的であることが明らかになった。

4. 薬剤防除体系の現地実証試験

2010年の宇城市での試験は、土壌消毒のみを行なった無処理区の収穫時の発病株率が27.9%と発生が多い条件下の試験であった。これに対して、灌水チューブで初発病前に全株に1回、その後約2～3週間毎に2回全株に処理したチューブ区の収穫時発病株率は13.6%、背負い式動力噴霧器で、初発病後に発病株とその周辺の株を1回処理し、その後は、発病確認時に2回、発病株と発病株周辺の株を処理した慣行区の収穫時の発病株率は22.5%であった。現地圃場においても、Si剤を灌水チューブで初発病前から全株に処理する方法は防除効果が向上することが明らかとなった。2011年の宇城市および八代市の現地圃場試験は、Si剤の産地の発病推移に適した2回目以降の処理時期を明らかにする目的で試験を実施した。2011年はいずれの試験場所でも、根茎腐敗病の発病が少なく、2回目以降のSi剤の処理時期による差は認められなかった。今回の試験では、初発病前の処理の効果は明らかであったが、少発生条件での2回目以降のSi剤の処理の可否や時期については、今後試験を重ねて検討する必要があると考えられた。

5. 予熱処理を組んだ薬剤防除体系試験

これまで、ショウガ根茎腐敗病に対する臭化メチル剤の代替技術として、低温期での土壌くん蒸剤のガス化を安定させる予熱処理や、土壌くん蒸剤と生育期殺菌剤との薬剤防除体系技術の防除効果について検証した。そこで、開発した個々の技術を組みあわせ、さらに防除効果の向上が図れるかについて検討した。予熱処理と薬剤防除体系を行った予熱薬剤区の地温は、予熱処理を行わなかった薬剤区での地温に比べて、予熱処理期間中で平均4.4℃、予熱終了時で5.5℃高かった。そのため、予熱処理後の土壌消毒時に行う、トラクターでの薬剤と土壌混和をしても0.5℃しか地温は下がらなかった。これは、これは、予熱処理により土壌中に熱が蓄積されたためと考えられた。そのため、地温が高まった状態から土壌消毒

ができるのではないかと考えられた。実際、予熱薬剤区の土壌消毒中の地温は、土壌消毒開始時で、薬剤区の地温より4.8℃高く、土壌消毒蒸期間中でも平均8.9℃高かった。特に、予熱薬剤区の土壌消毒中の平均地温は24℃以上であり、日平均地温も15℃以下になる日は無かった。このため、Da剤が安定してガス化していたと考えられる。一方、薬剤区の土壌消毒中の平均地温は17℃であり、日平均地温が15℃以下の日も認められた。そのため、安定してガス化しなかったのではないかと考えられた。圃場調査では、予熱処理を行わず土壌消毒のみ行ったくん蒸区の初発病日が定植後74日後であった条件下において、予熱薬剤区の初発病日は、薬剤区での初発病日の定植103日後に比べて28日遅い定植131日後であった。予熱処理をすることで、土壌くん蒸剤が安定してガス化し、根茎腐敗病原菌の初期密度を低下させ、そのため初発時期が遅くなったと考えられた。さらに、くん蒸区の収穫時発病株率は47.9%であった条件下で、予熱薬剤区の収穫時発病株率は3.5%、薬剤区が7.1%であった。以上から、予熱処理と薬剤防除体系を組合せると、防除効果の向上が図れると考えられた。また、経済性も慣行防除法と比較して高く、現地での実用性も高いと考えられた。

6. おわりに

今回の試験から、予熱処理と土壌くん蒸消毒、さらに生育期殺菌剤の発病前からの全株処理を組み合わせた防除技術は高い防除効果を示すことが明らかになった。しかし、この防除体系でも、本病の発病を完全に抑えることは難しい。今後は、輪作等の耕種防除技術も取り入れながら、ショウガ根茎腐敗病の防除対策技術を高めていく必要があると考えている。

本試験を行うにあたり、宇城市、八代市の現地農家には、試験圃場の提供や管理、供試薬剤の処理にご協力いただいた。また、試験設計、薬剤処理や各種の調査につ

いては、熊本宇城農業協同組合および八代地域協同組合の営農指導員、ならびに宇城地域振興局農業普及・振興課および八代地域振興局農業普及・振興課の関係諸氏にご協力いただいた。ここに深く感謝申し上げる。

V 引用文献

- 1) 一谷多喜郎・新須利則(1980) : ショウガの根茎腐敗病をおこす *Pythium zingiberum* とその分布. 日本植物病理学会報, 46, 435-441.
- 2) 熊本県野菜振興協会 (2004) : 熊本のやさい 耕種基準, 255-257
- 3) 松尾和敏 (2008) : ショウガ栽培に適応可能な代替薬剤. 植物防疫, 62, 526-528.
- 4) 森山美穂 (2012) : 熊本県の露地ショウガ産地における脱臭化メチル栽培マニュアル. 植物防疫, 66, 665-670.
- 5) 森山美穂 (2013) : ショウガ根茎腐敗病に対する効果的で省力的な生育期の防除法. 植物防疫, 67, 108-112.
- 6) 新須利則 (1978) : *Pythium zingiberum* によるショウガの根茎腐敗と温度. 九州病害虫研究会報, 24, 40-42.
- 7) 高橋 實 (1954) : 農作物の疾病を基因する数種の *Pythium* 属菌の形態並びに分類に就いて. 日植病報 18 : 113~118
- 8) 田上俊太郎・重永知明・家入章 (1983) : ショウガ根茎腐敗病の発生と防除対策. 熊本県農業試験場研究報告, 8, 19-32.
- 9) 山崎睦子 (2011) : ショウガ根茎腐敗病とその防除. 植物防疫, 65, 93~97.

Summary

Systematic Chemical Control for Rhizome rot Caused by *Pythium zingiberis* on Ginger

Miho MORIYAMA Tadashi FURUIE and Yutaka GYOUTOKU

Rhizome rot caused by *Pythium zingiberis* on ginger showed the most serious damage to ginger cultivate. Methyl bromid had been used as the most efficient soil disinfectant, but it was prohibited in 2013. It was necessary to develop alternative control for Root rot caused by *P. zingiberis* on ginger. We conducted this study to clarify general control for this disease by chemical and cultural control. The fumigation effect of Dazomet and Methyl Iodo was 50~75days after planting, Chloropicrin was 60days after planting. In case of fumigation used by the chemical which was difficult to turn into gas during low temperature season, the covering soil with bynel-firm before soil-fumigation (Pre-heat Treatment) increased soil-temperature, the fumigant stability turned into gas. Effective treatment of fungicide was every 3 weeks treatment from before the first development. Especially for dreching fungicide, the use of irrigation tube during growth period was effective in controlling the disease and labor saving treatment.