

ガス低透過性フィルム被覆により土壌くん蒸処理したクロルピクリンの

土壌中濃度とショウガ根茎腐敗病防除効果の関係

下元祥史・竹村知夏・岡美佐子・小原裕三*・島本文子

(高知県農業技術センター,

*国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門)

Relationship between concentration of chloropicrin in soil fumigated with gas-barrier film and control effectiveness of chloropicrin fumigation against root rot of ginger (*Zingiber officinale*)

By Yoshifumi Shimomoto, Chika Takemura, Misako Oka, Yuso Kobara* and Fumiko Shimamoto (Kochi Agricultural Research Center, 1100, Hataeda, Nankoku, Kochi 783-0023, Japan, *Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO, 3-1-3, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan)

キーワード : トリクロロニトロメタン, ガス濃度, 地表面, 地下 15cm

緒 言

高知県の 2022 年のショウガの栽培面積, 生産量は 415ha, 18,861t で, いずれも都道府県別で第 1 位である (高知県農業振興部農業イノベーション推進課, 2023)。このショウガ栽培において根茎腐敗病は深刻な被害をもたらしている病害の 1 つであり, 初期症状は, 地際部の葉鞘が褐色水浸状に変色し, その後下位葉から上位葉に向かって黄化する。症状が進むと株全体が黄化して倒伏し, 根茎も腐敗する。本病は例年 2 割ほどの栽培ほ場で発生しており (高知県病害虫防除所, 2023), いったん発生すると次々と発病株が増加して壊滅的な被害となることもある。なお, 高知県で発生する本病の病原菌は *Pythium myriotylum* Drechsler とされており, 適切な防除対策が求められる土壌病害の発生原因となる (矢野ら, 2013)。

本病の防除対策としてはクロルピクリンくん蒸剤 (以下, クロルピクリン剤) を用いた土壌くん蒸消毒が行われており, 処理時には効果および周囲への安全性を高めるためにプラスチックフィルムによる被覆が強く指導されている。一般的には, 被

覆に用いるプラスチックフィルムはポリエチレン製資材であるが, 同フィルムよりもクロルピクリンガスの透過による揮散・損失を抑制することができる土壌くん蒸消毒用フィルム (ガス低透過性フィルム) が開発・販売されている。これまでにサツマイモ立枯病, ホウレンソウ萎凋病, メロンのネコブセンチュウの試験でガス低透過性フィルムを用いることにより防除効果の向上やクロルピクリンの処理量の低減が可能になる報告 (米本ら, 2008; 岩館ら, 2009; 清水ら, 2006) があるものの, ショウガ根茎腐敗病での報告事例はない。そこで本病を対象にクロルピクリン剤処理の際にガス低透過性フィルムを用いることにより土壌中のクロルピクリン濃度が上昇し, その結果, 防除効果が向上するかを明らかにすることを目的に, ほ場試験による実証を行った。

なお, 本報告の成果の一部は「安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業のうち短期課題解決型研究」委託事業「(課題番号: 21453799) 被覆を必要とする農薬の使用時におけるリスク低減に関する研究」の助成を受けて得られたものである。

材料および方法

1. ガス低透過性フィルムを用いた場合のクロルピクリン濃度

高知県農業技術センター内の露地ほ場（灰色低地土）に2m×10mの試験区を2か所設けて実施した。両試験区とも2022年3月1日に、手動式注入器（MI-3A, 丸山製作所）を用いてクロルピクリンくん蒸剤（商品名：南海クロールピクリン（クロルピクリン99.5%以上）、南海化学）を地下15cmに33L/10a（3ml/穴、30cm間隔）処理後、直ちに2か所のうち1か所はガス低透過性フィルム（商品名：パリアスターV（0.05mm厚）、東罐興産）で、もう1か所は対照として慣行の農業用ポリエチレンフィルム（商品名：FC-50（0.05mm厚）、大倉工業）で被覆した（それぞれ低透過区および農ポリ区）。午前8時に土壌くん蒸消毒処理を開始し、被覆フィルムの設置は午前9時に完了、処理28日後の3月29日午前10時に被覆フィルムを除去した。

地表面と地下15cmのクロルピクリン濃度を調査するために、山本ら（2019）の手法を参考にして両試験区内の3か所の地表面と地下15cmに、テフロンチューブ（内径1.59mm×外径3.17mm、長さ約2m）を設置した。クロルピクリン剤を処理して被覆後、ガスタイトシリンジ（5ml）を用いて土壌ガス試料5mlを採取した。採取したガスはヘキサン10mlに通気しクロルピクリンを転溶後、電子捕捉型検出器（GC-2025, 島津製作所）で定量を行い、処理区ごとの地表面、地下15cmそれぞれの平均濃度を算出した。被覆期間中、ガス採取は合計21回、被覆1, 3, 5, 9, 24, 28, 32, 48, 52, 56, 72, 80, 145, 153, 168, 176, 194, 219, 314, 485, 650時間後に行った。

2. クロルピクリン処理とガス低透過性フィルムの組み合わせによる根茎腐敗病防除効果

2023年に高知県農業技術センター内の灰色低地土からなる露地ほ場2か所（ほ場1および2）で試験を実施した。両ほ場の直線距離は約230mである。ほ場1は前年にショウガを栽培し、根茎腐敗病が多発生したほ場で、ほ場2は少なくとも過去10年間はショウガを栽培していないものの、過去に隣接ほ場でショウガを栽培した際に根茎腐敗病が発病した。両ほ場にブロックを3区画ずつ設定後、

それぞれのブロックに、クロルピクリン剤を処理後、ガス低透過性フィルムまたは慣行の農業用ポリエチレンフィルムで被覆する区、くん蒸および被覆無しは無処理区（それぞれ低透過区、農ポリ区、無処理区）を配置した。1区12m²（2m×6m）とした。なお、浸水による病原菌の侵入を防止するため、試験ほ場内のブロックの周囲に高畝を設置した。3月20日にクロルピクリン剤を前述の濃度調査と同様に処理して被覆を実施し、処理21日後の4月10日に被覆を除去した。4月18日にショウガ（系統名；土佐一）を株間50cm、2条で20株/区、植え付けた。7月14日、7月19日、7月25日、8月4日、8月14日、8月21日、8月28日、8月31日、9月4日の計9回、株ごとに根茎腐敗病の発病の有無を調査した。調査後、発病株は除去した。両ほ場とも低透過区、農ポリ区、無処理区ごとの発病株数を合計して発病株率を算出した。

3. 統計処理

土壌中のクロルピクリン濃度に関しては、対数変換後（ $\log(x+0.5)$ ）、深度別に反復測定分散分析を行い、フィルム間の濃度差を比較した。根茎腐敗病に対する防除効果については、9月4日の調査結果を用いて、フィルムを固定効果、ほ場およびブロック内の試験区を変量効果とした一般化線形混合モデルで解析した。いずれの解析もRバージョン4.3.2を用いて実施した。

結果

1. ガス低透過性フィルムを用いた場合のクロルピクリン濃度

被覆下の地表面では、低透過区では処理24時間後、農ポリ区では52時間後にクロルピクリンの平均濃度が最も高くなり、それぞれ4.7mg/Lおよび1.3mg/Lであった。その後、濃度は減少した（図1）。調査期間全体での平均濃度は低透過区が0.96mg/L、農ポリ区が0.34mg/Lで、低透過区のガス濃度は農ポリ区より有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。

地下15cmでは、低透過区では処理28時間後、農ポリ区では56時間後に平均濃度が最も高くなり、それぞれ7.1mg/L、1.5mg/Lであった。その後、濃度は減少した（図1）。調査期間全体での平均濃度

は低透過区が 2.34mg/L, 農ポリ区が 0.39mg/L で、低透過区のガス濃度は農ポリ区より有意に高かった ($p < 0.05$)。

2. クロルピクリン処理とガス低透過性フィルムの組み合わせによる根茎腐敗病防除効果

ほ場 1 では調査を開始した 7 月 14 日時点で無処理区の発病株率は 63.3% で、8 月 4 日に 100% となった。一方で、低透過区では 8 月 4 日、農ポリ区では 7 月 25 日に初発が認められ、その後発病は増加し、最終調査時 (9 月 4 日) の発病株率はそれぞれ 68.3, 76.7% であった (図 2)。

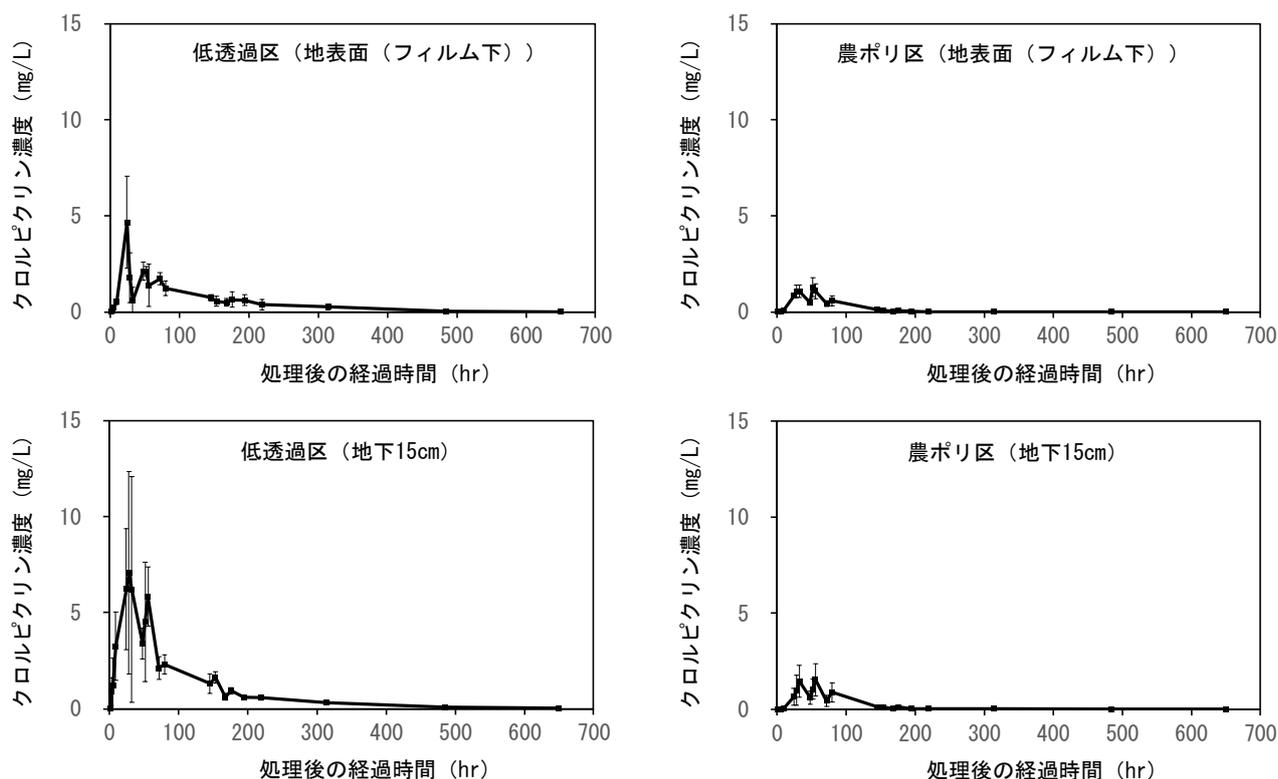
ほ場 2 では、7 月 14 日の無処理区の発病株率は 5.0% で、その後、発病は増加した。低透過区、農ポリ区は無処理区より初発が遅く、発病株率も低く推移した。9 月 4 日における低透過区、農ポリ区、無処理区の発病株率はそれぞれ 36.7, 51.7, 81.7%

であった (図 2)。

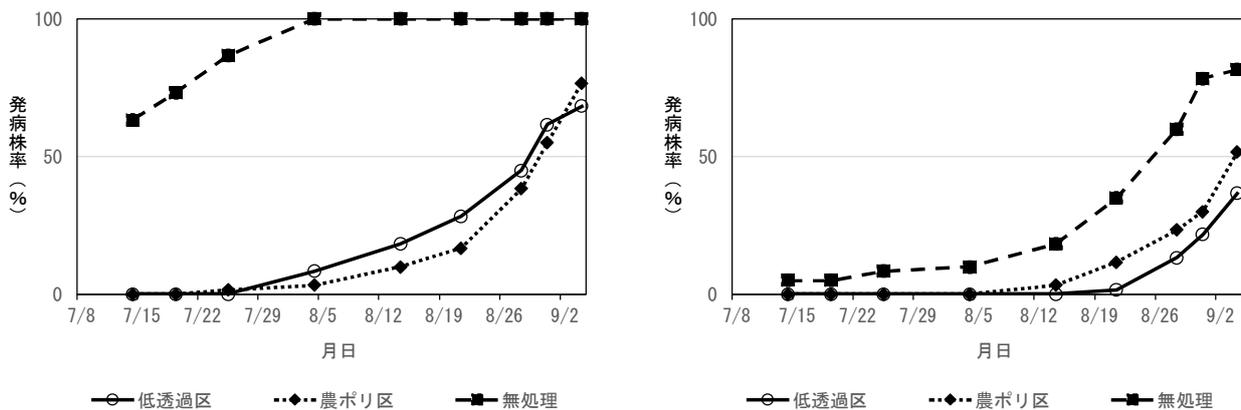
一般化線形混合モデルによる解析では、低透過区と農ポリ区の間で発病に差があるとは言えなかった ($P > 0.05$)。

考 察

灰色低地土で実施された今回の試験では、土壌ガス中のクロルピクリン濃度は調査深度に関わらず低透過区が農ポリ区より有意に高かった。この結果は砂質土壌で試験が実施された清水ら (2006), 米本ら (2008) の結果と同様であった。米本 (2023) は土壌群の違いによりガス低透過性フィルムのガス保持効果に違いがある可能性を示しているが、灰色低地土でもガス低透過性フィルムを用いることにより土壌中のクロルピクリン濃度が高まることが示された。



第 1 図 被覆資材別、土壌深度別のクロルピクリン濃度 クロルピクリンを土壌に注入後、低透過区はガス低透過性フィルム、農ポリ区は農業用ポリエチレンフィルムで被覆した。各図は 3 か所の平均濃度の推移を示す。バーは標準偏差を示す。



第2図 クロルピクリン処理後、異なるフィルムで被覆した場合のショウガ根茎腐敗病の発病推移
 左図：ほ場1（前年多発ほ場）、右図：ほ場2（10年間ショウガ未栽培ほ場）。被覆除去後、ショウガを植え付けて根茎腐敗病の発病を調査した。低透過区はガス低透過性フィルム、農ポリ区は農業用ポリエチレンフィルムで被覆した。各区3反復（計9試験区/ほ場、20株/区）とし、各区の合計の発病株数から発病株率を算出した。

ショウガ根茎腐敗病に対する防除効果については、低透過区と農ポリ区で有意な差は認められなかった。なお、ほ場2では過去10年間ショウガは未栽培であったが、隣接ほ場でショウガを栽培した際に根茎腐敗病が発病したことから、ほ場2には低密度の根茎腐敗病菌が生息していたため発病したと考えられた。このような条件下で、本試験の2ほ場での低透過区と農ポリ区での根茎腐敗病の発病推移は、クロルピクリン剤を用いたミョウガ根茎腐敗病の防除試験の報告（矢野・竹内，2014）と同様に栽培初期は発病を抑えるが、その後急増する傾向を示していたと推察する。また、この報告ではその要因を、クロルピクリン剤処理によって土壌表面に近い部分の根茎腐敗病菌は死滅するが、クロルピクリン剤の効果が及ばない地表面から40cm以上の土壌深部には根茎腐敗病菌が残り、ミョウガの生育が進み、根が土壌深部まで到達すると発病するのではないかと推察している。今回の試験では地下15cmまでは低透過区は農ポリ区よりガス濃度が高かったものの、土壌深部までガスが到達しなかったか、根茎腐敗病菌を死滅させる程度の濃度に到達しなかったため、防除効果は農ポリ区と違いがなかった可能性が示唆された。なお、今回の試験より、ほ場の汚染程度によってはクロ

ルピクリン剤のみで根茎腐敗病を防除することは困難と考えられたことから、ショウガほ場での土壌深部における根茎腐敗病菌の分布実態の詳細な調査が必要となり、山崎・森田（2012）を参考にするなど、生育期の防除を実施することも検討すべきと考えられた。

摘要

灰色低地土でクロルピクリン処理後、ガス低透過性フィルムで被覆を行うことにより、農業用ポリエチレンフィルムでの被覆と比較して、フィルム下の地表面、地下15cmのクロルピクリン濃度が有意に高くなった。一方で、クロルピクリン処理後、ガス低透過性フィルムと農業用ポリエチレンフィルムで被覆する区を設け、被覆除去後、ショウガを栽培して根茎腐敗病の発病状況を調査した結果、栽培初期は発病を抑えたが、その後発病は急増した。このことから、両フィルム間で地下15cmではクロルピクリン濃度に差があったものの土壌深部（地表面から40cm以上）に生息する根茎腐敗病菌の死滅効果に差異が無かった可能性も示唆された。

引用文献

- 岩館康哉・吉田樹史・江口武志・庄司新一郎・高橋達治・秋山博志・猫塚修一 (2009) : ホウレンソウ萎凋病防除におけるガス難透過性フィルム利用によるクロルピクリン錠剤の使用削減. 北日本病虫研報, 60 : 67~72.
- 高知県農業振興部農業イノベーション推進課 (2023) : 高知県の農業. pp131.
- 高知県病害虫防除所 (2023) : 令和4年度農作物有害動植物発生予察事業年報. pp165.
- 清水恵美・増田大祐・西村康平・橋本尚 (2006) 砂丘地における土壌消毒後のガス難透過性フィルムの利用がメロンのネコブセンチュウの発生抑制に及ぼす影響. 石川農研研報, 27 : 25~31.
- 山崎睦子・森田泰彰 (2012) : ショウガ根茎腐敗病に対する各種殺菌剤の予防または治療効果の判定. 四国植防, 46 : 1~5.
- 矢野和孝・岡田知之・景山幸二・森田泰彰 (2013) : 土壌中のショウガ根茎腐敗病菌 (*Pythium myriotylum*) 検出のための選択培地による直接検出法, 補足法およびPCR法の比較. 四国植防, 47 : 21~28.
- 矢野和孝・竹内重治 (2014) : ミョウガ根茎腐敗病に対する土壌くん錠剤の効果. 四国植防, 48 : 23~31.
- 山本幸洋・武田藍・國友映理子・横山とも子・小原裕三 (2019) : ガスバリア性フィルム被覆下の黒ボク土におけるクロルピクリンおよび1,3-ジクロロプロペン濃度の維持効果. 日本農薬学会誌, 44 : 109~114.
- 米本謙悟 (2023) : クロルピクリンを漏らさないガスバリアー性フィルムによるサツマイモ立枯病防除. iPlant, 1巻8号.
- 米本謙悟・田中昭人・坂口謙二 (2008) : 土壌くん蒸剤のマルチ畦内消毒における低透過性フィルムを利用したガス透過抑制とサツマイモ立枯病に対する防除効果の向上. 徳島農研報, 5 : 45~51.