

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03955

研究課題名(和文)還元化促進土壌を用いた土壌還元消毒での選択的消毒メカニズムの解明

研究課題名(英文) Exploring unknown mechanism of anaerobic soil disinfestations for encouraging reductive transitions and specific disinfestations

研究代表者

小原 裕三 (Kobara, Yuso)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・ユニット長

研究者番号：20354045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：複数の還元化促進土壌を異なる温度で低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒(Et-ASD)処理に供し、有機物含量、水溶性有機物画分の資化性や土壌微生物相などの物理化学的因子及び生物的因子の推移を通常型土壌と比較した。特に、低温条件にけるEt-ASD処理で、両土壌間で顕著な違いが観察された因子を対象に、当該因子がin vitroで密度低減効果を発揮するか確認し、特定された消毒作用因子を通常型土壌に付与することで、低温条件でも安定した消毒効果が得られることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土壌還元消毒効果は、特に低温下で効果が不安定になる欠点があった。この要因が明らかになり、この物理化学的、生物的要因を土壌還元消毒効果が不安定な土壌に付与する事によって、土壌還元消毒効果が改善した。すなわち、幅広い作物の土壌伝染性病原微生物に対して、冷涼な地域や低温期でも安定した土壌還元消毒効果が発揮できることで、低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒は世界中で利用可能な革新的な汎用技術となり得ることが実証できた。

研究成果の概要(英文)：Detailed mechanisms of anaerobic soil disinfestation with diluted ethanol (Et-ASD) were investigated on physicochemical and biological factors such as organic matter content, water-soluble organic matter fraction, soil microorganisms, etc. by comparing some reduction-promoting soils with non-reduction-promoting soils under several temperature conditions. Especially, for Et-ASD treatment under low temperature conditions, the factors were confirmed whether these exerted density-reducing effects of soil borne pathogens in vitro between two soil types. It was proved that identified factors were applied to non-reduction-promoting soils to enhance ASD efficiency even under the low temperature condition.

研究分野：農薬科学

キーワード：土壌還元消毒 低濃度エタノール フザリウム センチュウ トマト萎凋病菌 ウリ科植物黒点根腐病菌 半身萎凋病菌 検定法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

病原体の蓄積による作物の連作障害を防止し、生産性を維持するために、土壤消毒は必須の技術であるが、クロロピクリンや1,3-ジクロロプロペン等の土壤くん蒸消毒剤は、人畜への毒性が非常に強いことから代替技術が強く求められている。これに対し近年、安全性が高く環境影響の少ない土壤消毒法として、土壤還元消毒 (Biological Soil Disinfestation: BSD、もしくは Anaerobic Soil Disinfestation: ASD) が注目されている。ASD ではまず、米糠や糖蜜等の有機物を土壤に混和・灌水した後、土壤表面を透明フィルムで被覆・密閉し、太陽熱で地温を上昇させる。これにより種々の土壤微生物が活性化し、土壤中の酸素を消費して土壤は急激に還元状態 (酸欠状態、嫌気状態) になる。この状態が数週間持続することで、微生物相が変化し、常在微生物に比較して物理化学的・生物学的環境変化に弱い植物病原菌や植物寄生性線虫の密度が顕著に低下するが、そのメカニズムの詳細については解明できていない (次頁の図2参照)。

ASD は、1999年に新村が見出した日本発祥の土壤消毒法である。2007年、申請者らは1%以下の極低濃度のエタノール水溶液を処理することで、より下層部まで効率的に消毒できることを発見し、2件の特許を取得した (小原ら、特許第4436426号、特許第5299264号)。これを受けて、農林水産省の実用化技術開発事業として「低濃度エタノールを用いた新規土壤消毒技術の開発」が実施され (2008~2011年)、実施マニュアルと技術資料が作成され、公開されている (農業環境技術研究所ほか, 2012)。本事業により、ASD が幅広い作物の土壤伝染性病原微生物に対して顕著な密度低減効果を示すことが明らかになった。一方、欧米などの冷涼な地域や低温期には、土壤の還元化が進行せず、効果が不安定になるという欠点がある。すなわち、低温でも安定した消毒効果を発揮できれば、ASD は世界中で利用可能な革新的な汎用技術となり得る。

汎用性の高い ASD 技術の実現には、消毒メカニズムの科学的解明が不可欠である。処理時の地温 (30°C 以上) と還元状態は、本技術の必要条件であるが、消毒メカニズムの主因子ではない。また ASD 処理に伴い、土壤中では有機酸や金属イオンが蓄積するが、消毒効果との直接的な因果関係や寄与の程度は明らかでない。さらに近年、ASD により土壤微生物群集の菌相が大きく変化することもわかってきた。一方、申請者らの長年の検討から、低温下であっても還元化への移行が非常に起こりやすく、消毒効果が極めて安定な土壤 (以下、還元化促進土壤と表記) が存在することがわかってきた。そこで、このような還元化促進土壤に対して ASD 処理を行い、その物理・化学・生物学的因子を同種の通常型土壤と比較することで、これまで謎であった ASD の作用メカニズムの完全解明のみならず、寒冷地にも適用可能な革新的 ASD 技術の開発にも繋がると思案するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、還元化促進土壤と同種の通常型土壤との比較により、各作物の病原微生物に対する ASD の主要な作用因子を特定し、あらゆる種類の土壤種における還元化促進技術への応用を目指す。具体的には以下の5つの項目について検討する。なお ASD に用いる炭素源としては、代謝経路の推定が最も容易なエタノールを主に用いる。

(1) 複数の還元化促進土壤と同種の通常型土壤を用いて、種々の温度域で ASD 処理を行い、処理直前の土壤中有機物含量、水抽出液中 (水溶性) 有機物の BOD や COD 等による分解性画分や土壤微生物相 (特に細菌相)、処理中の酸化還元電位 (Eh)、pH、温度、有機酸 (酪酸、酢酸)、金属イオン (Fe(II)、Mn(II))、活性酸素種の推移を比較する。また、計6種類の植物病原菌・植物寄生性線虫に対する密度低減効果を評価する。

(2) 上記試験において還元化促進土壤と同種の通常型土壤の間で、特に低温条件で顕著な違いが見られた因子を抽出する。

(3) ASD 処理中の土壤細菌相の変動を次世代シーケンサーにて網羅的に解析し、還元化促進土壤において低温条件で処理初期時に特異的に優占する細菌を特定すると共に、当該細菌 (還元化促進細菌) の分離培養を行う。

(4) 各種検討により絞り込んだ植物病原性微生物の密度低減効果の候補因子 (物理化学的因子、または分離された還元化促進細菌) が、*in vitro* で植物病原菌と植物寄生性線虫に密度低減作用を示すことを証明する。

特定された作用因子を通常土壤に単独で付与することで、還元化促進土壤と同様、低温条件でも安定した病原微生物密度の低減効果を発揮することを証明する。

3. 研究の方法

(1) 複数の還元化促進土壤と同種の通常型土壤を用いて、種々の温度域で ASD 処理を行い、処理直前の土壤中有機物含量、水抽出液中 (水溶性) 有機物の BOD や COD 等による分解性画分、処理中の酸化還元電位 (Eh)、pH、温度、有機酸 (酪酸、酢酸)、金属イオン (Fe²⁺、Mn²⁺)、活性酸素種の推移を比較した。また、特定した要因、特に化学的要因について、土壤に付与することにより土壤の還元化が促進するか検証した。

(2) ①千葉大学圃場黒ボク土壤を用いて、ガラスバイアル中でトマト萎凋病菌 (Fo1) に対する BSD 処理を15日間行った。処理温度は15°Cおよび30°Cとし、エタノール添加有り・無し試験区を設けた。処理後の土壤から DNA を抽出し、16S rRNA 遺伝子を標的としてタグ付け PCR を行い、Illumina MiSeq にてシーケンス解析を行った。Mothur によりアライメントを行った後、カットオフ値 97% で OTU を決定した。また、優占菌種を単離するため、電子供与体をエタノール、

電子授与体を Fe^{3+} として集積培養を行い、アガーシェイク法にて分離を行った。得られた純粋菌株と Fo1 を混合培養し、Fo1 に対する殺菌活性の有無を評価した。

(2) ②鉄をほとんど含まないヤシ殻培地を用いて、ガラスバイアル中で Fo1 に対する ASD 処理を 17 日間行った。有機物としてエタノールを添加し、処理温度は $30^{\circ}C$ とした。菌相解析は (2) ①と同様に行った。優占菌種を単離するため、エタノールと酢酸を炭素源とした集積培養を行った。得られた純粋菌株を滅菌ヤシ殻と Fo1 胞子を含む 450mL 容瓶に接種し、炭素源存在下で $30^{\circ}C$ 、14 日間インキュベートした。また、純粋菌株の培養上清を Fo1 の培養液に添加し、生育阻害効果を確認した。

(3) プラスチック製容器内の土壤に 1.0%エタノール (対照区は蒸留水) を加え、密閉して $30^{\circ}C$ 下に 2 週間置いた (土壤還元処理)。その後、土壤を吸引して土壤抽出液を得た。これを孔径 $1\mu m$ のメンブレンフィルターに通して真菌胞子などを除去した。この濾液に、半身萎凋病菌 (*Verticillium dahliae*) の微小菌核あるいは黒根病菌 (*Berkeleyomyces rouxiae*) の厚壁胞子を懸濁して $30^{\circ}C$ 下に 3~24 時間静置した (濾液処理)。その後、希釈平板法により各菌の生菌数を計数した。また、土壤抽出液の濾液を限外濾過により分画して得た分子量 3,000 以下の画分と、これを $65^{\circ}C$ で 20 分間加熱したものを用いて濾液処理を行い、同様に生菌数を計数した。さらに、上記の土壤還元処理と濾液処理をそれぞれ $15^{\circ}C$ および $30^{\circ}C$ で行い、これらを組み合わせで半身萎凋病菌の生菌数を調査した。

(4) ①炭素源の相違が土壤表層部と下層部における還元消毒効果に及ぼす影響

低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒法では、小麦ふすまなどの固形有機物を用いた還元消毒法と比較して、土壤深層部での還元消毒効果が高い。一方、土壤表層部においてエタノール還元による還元消毒効果が不安定になることも示唆されていることから、エタノールまたは小麦ふすまを用いた還元消毒法について、メロンつる割病菌(FOM)、総線虫、ネコブセンチュウを対象として、土壤の表層部と下層部における還元消毒効果を比較した。

(4) ②ナシ白紋羽病菌に対する土壤還元消毒法の適用性

土壤還元消毒法は、近年、世界各地で社会実装されつつあるが、果樹園等で栽培植物の根域が大きい場合には、その消毒効果の深度が問題となる。そこで、生産ナシ園における白紋羽病菌を対象に、土壤還元消毒法の効果を 3 種類の有機物 (低濃度エタノール、糖含有珪藻土、小麦ふすま) を用いて深度別に調査し、ナシ白紋羽病菌に対する土壤還元消毒法の適用性を判定した。千葉大学環境健康フィールド科学センター内のナシ園 (千葉県柏市) に $1.8 m \times 1.8 m$ の区画を 12 区設け、予め白紋羽病菌を培養したナシ枝片をティーバッグに入れ (図 1a)、紐で 10 cm 間隔に結わえて、垂直に深さ 70 cm まで各区 3ヶ所ずつ埋没した (図 1b)。2019 年 8 月 7 日にエタノール (2%)、糖含有珪藻土 (6.48 kg/区)、小麦ふすま (6.48 kg/区)、水 (600 L) を 3 区ずつ処理し (図 1c)、灌水後 (図 1d)、プラスチックフィルムで 18 日間被覆した。

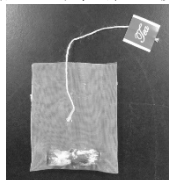


図 1a. 白紋羽病菌培養ナシ枝片



図 1b. 埋没作業



図 1c. 有機物処理作業



図 1d. 灌水作業

(5) ①プラスチック製容器に農業環境変動研究センター内の黒ボク土壤 (つくば土壤) または園芸植物育種研究所内の試験圃場の土壤 (園研土壤) を充填し 1.0%エタノールまたは小麦ふすまを用いた還元処理を施し $15^{\circ}C$ 下に 2 週間置いた (土壤還元処理)。その後、*Fusarium oxysporum*、全線虫、根こぶ線虫の密度を測定した。

(5) ②プラスチック容器内の根こぶ線虫汚染土壤 (砂質土壤) に 0.5%エタノールまたは小麦ふすまを用いた還元処理を施し $30^{\circ}C$ で 15 日間培養した後、土壤の中心部と表層の全線虫、根こぶ線虫、*F. oxysporum* の密度を測定した。

(5) ③プラスチック容器に土壤を充填し、*F. oxysporum* の培養菌体を埋設した。そこへ水または 1%、2%のエタノール水溶液を加え、 $30^{\circ}C$ で 9 日間培養した。この間、経時的に *F. oxysporum* 密度、土壤の酸化還元電位、土壤抽出液の pH、酢酸および酪酸濃度、 Fe^{2+} 濃度を測定した。

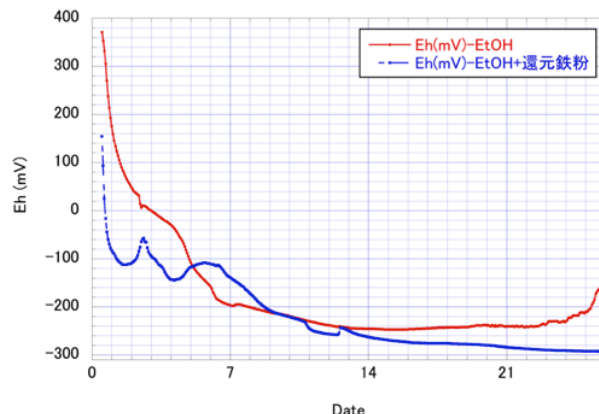


図 2. 農環研黒ボク土壤に還元鉄粉を添加した際の酸化還元電位の推移

4. 研究成果

(1) 複数の還元化促進土壤を異なる温度

で土壤還元消毒(ASD)処理に供し、物理化学的因子及び生物的因子の推移を通常型土壤と比較した結果、低温条件で顕著な違いが観察された化学的因子として Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、有機酸であった。ここでは特定した消毒作用因子としてFeに着目し、通常型土壤(農環研黒ボク土)に還元鉄粉を重量比で乾土重量の0.5%を添加することで、低温条件(20°C)でも安定した土壤の還元化が進行することを実証した(図2)。

(2) ①30°C 処理ではFolの生菌数が $10^5 mL^{-1}$ から $10 mL^{-1}$ 程度まで減少したが、15°C 処理ではほとんど影響が観察されなかった。また、30°C 処理では Fe^{2+} が最大30 mM程度生成したが、15°C 処理では5 mM程度しか生成しなかった。Fol生菌数と Fe^{2+} には負の相関が認められた($R^2=0.840$)。有機酸は30°Cでのみ酢酸や酪酸の生成が認められた。次世代シーケンサーによる菌相解析より、30°Cでエタノールを添加した場合に、Firmicutes門細菌の相対存在量が試験前の1%程度から19%にまで増加していた。Fol生菌数とFirmicutes門細菌の存在量には負の相関が認められた($R^2=0.858$)。さらに集積培養を経て、Firmicutes門細菌の1種Tar-0株の分離に成功した。Tar-0株は*Desulfotomaculum guttoideum*に近縁で、Folと混合培養したところ30°Cのみならず、15°Cにおいても有意にFolの生菌数を減少させた(図3)。またその効果には、Tar-0株の菌体の存在が必要であった。酢酸や酪酸は生成していたが、 Fe^{2+} はほとんど検出されなかった。ASD処理によりFirmicutes門細菌が5.9%から44%にまで増加し、このうちの約半分を*Clostridium kluyveri*が占めていた。集積培養を経て*C. kluyveri* E801株の単離に成功した。E801株をFol胞子液と共に滅菌ヤシ殻培地に接種しインキュベートすると、Fol生菌数を検出限界以下に減少できた。さらに、E801株の培養上清をFolの培養液に添加すると、pH5.5、5.0では生菌数を減少させなかったが、pH4.5、4.0では顕著に生菌数を減少させた(図4)。上清の熱処理はこの効果に影響を与えなかったことから、何らかの有機酸の関与が考えられた。

(3) 土壤還元消毒後の土壤抽出液の濾液およびその分子量3,000以下の画分、さらにはこれを加熱処理したものにおいても、懸濁した半身萎凋病菌および黒根病菌の耐久生存体は24時間以内に検出限界以下となった。特に半身萎凋病菌では、菌数はわずか3時間後に100分の1程度にまで減少した(図5)。これらのことから、土壤還元処理により土壤中に生成される熱安定性のある分子量3,000以下の物質が、半身萎凋病菌および黒根病菌の耐久生存体の消毒に関与す

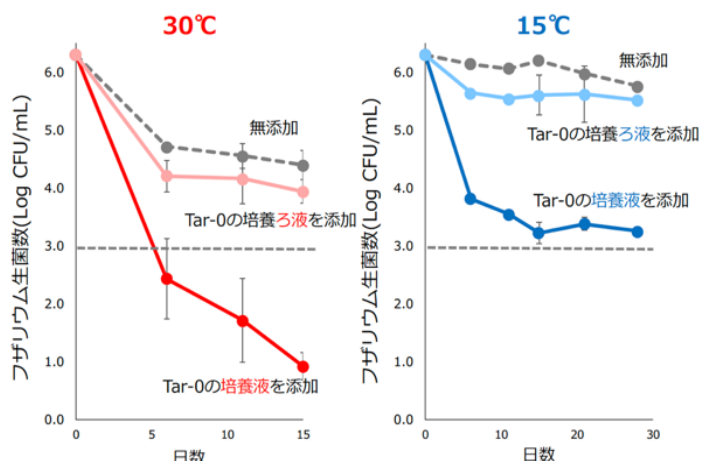


図3. Tar-0株によるFolの殺菌効果
Folの胞子を嫌気条件下Tar-0株の培養液と共に蒸留水中でインキュベートした。フィルター濾過した培養上清も試験した。

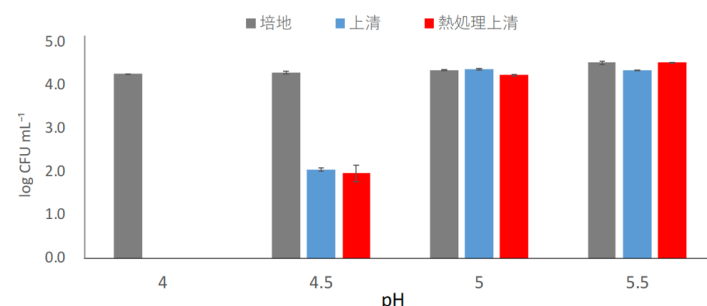


図4. E801株の培養上清によるFolの殺菌効果
Folの胞子を好気条件下E801株の培養上清と共に液体培地中で2日間振盪培養した。液体培地のpHを4.0~5.5に調整した。100°C、20分処理した培養上清も試験した。

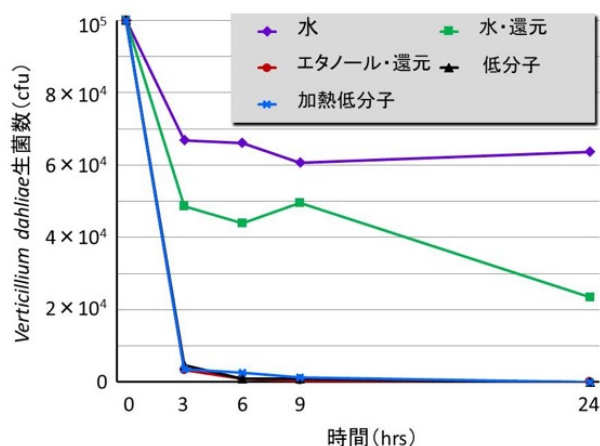


図5. 各処理区における半身萎凋病菌の生菌数
1%エタノールを用いて土壤還元処理を行った後の土壤抽出液(エタノール・還元)と、そこから得た分子量3,000以下の画分(低分子)、さらにそれを60°C・20分間処理したもの(加熱低分子)のほか、エタノールのかわりに蒸留水を用いて土壤還元処理を行った土壤抽出液(水・還元)と滅菌蒸留水(水)に、半身萎凋病菌の微小菌核を懸濁して30°Cで3~24時間静置した。その後、希釈平板法により生菌数を調査した。

ると考えられた。また、濾液処理の温度にかかわらず、土壌還元処理を 30℃で行った場合は消毒効果が高く、15℃で行った場合は低かった。従って、低温で土壌還元消毒の効果が低い理由は、還元消毒時に殺菌成分の生成が妨げられるためと考えられた。

(4) ①炭素源の相違が土壌表層部と下層部における還元消毒効果に及ぼす影響

下層部ではエタノール還元区、小麦ふすま還元区ともに FOM 密度は低減したが、表層部では小麦ふすま還元区でのみ低減した。また、エタノール還元処理表層部以外の処理区では、総線虫、ネコブセンチュウが低減した。このとき下層部でのみ高濃度の Fe²⁺が

検出された (図 6)。表層部では酸素の流入や十分な水分が維持されず、Fe²⁺が生成・維持されにくいと考えられる。

(4) ②ナシ白紋羽病菌に対する土壌還元消毒法の適用性

土壌還元消毒が有効な深度を総合的に判定するために、白紋羽病菌の菌糸や DNA が検出されなかったナシ枝片が埋没されていた深さ (cm) を埋没箇所毎に積算した値を還元消毒有効深度として算出した。その結果、菌糸判定でも PCR 判定でも各処理区間に有意差は認められなかった (F 検定、*p* < 0.05)。したがって、ナシ白紋羽病菌に対し、低濃度エタノール、糖質珪藻土、小麦ふすまの施用有機物の種類による消毒効果は同程度の深度まで期待できることが示唆された。

(5) ①園研土壌では、つくば黒ボク土壌と比較して 15℃条件下でも高い還元消毒効果が得られた (表 1)。

(5) ②土壌の表層部では十分な土壌還元消毒効果が得られないことが示された (表 2)。土壌表層部における病原菌等の抑制作用は主として太陽熱による作用であることが考えられる。低温期に土壌還元消毒を実施した際には、土壌表層部での効果が不十分になる可能性がある。このことから、低温期に実施する土壌還元消毒では、何らかの補助的な技術で土壌表層部の消毒効果を高める必要があると考えられた。

(5) ③水処理区とエタノール添加区のいずれにおいても酸化還元電位の顕著な低下が認められたが、*F. oxysporum* に対する密度低減効果は、エタノール添加区でのみ観察された (図 7、表 3)。このとき、エタノール添加区では処理開始後 3 から 6 日にかけて pH の低下、酢酸および Fe²⁺ 濃度の上昇が認められた (表 4、表 5、表 6)。

以上のことから、*F. oxysporum* の密度低減効果には、これらの成分が大きく関与していることが推察された。このことは、圃場レベルにおける酸化還元電位の測定だけで

は、消毒効果の推定には不十分であることを示唆している。

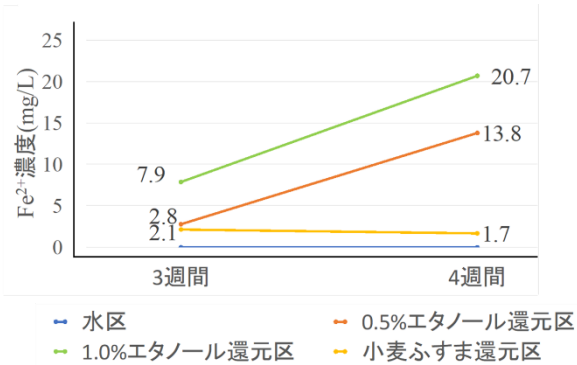


図 6. 土壌還元処理後のワグネルポット下層部 (15~30 cm) の Fe²⁺ の濃度変化

表 1. 異なる土壌間での低温条件下における土壌還元消毒効果の比較

		<i>Fusarium oxysporum</i>		
		全線虫	根こぶ線虫	萎凋病菌
黒ボク	初期菌数	7.1	284	6
	水 1 L	6.1	88	8
	1%エタ L	5.3	4	0
	フスマ 40g+水 1 L	3.8	2	0
園研土	初期菌数	7.1	690	0
	水 1 L	6.1	104	1
	1%エタ 1 L	3.0, <1.98, <1.98	4	0
	フスマ 40g+水 1 L	<2.08	1	0

表 2. 土壌表層部における土壌還元消毒の効果

		全線虫			根こぶ線虫		萎凋病菌	
		初期	表面	中心	初期	中心	初期	表面
0.5%エタ	1645	189.3	ND		ND	ND	4.79 ^a	ND
フスマ		428.4	ND	1206	0.4	ND	6.7	4.27 ^b
水		38.1	33.7		8.2	ND		3.53 ^c

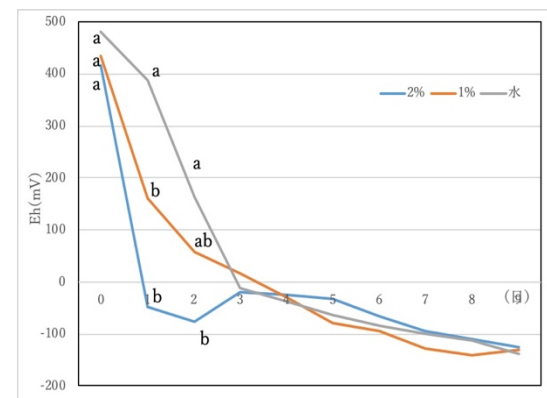


図 7. エタノール還元処理による土壌の酸化還元電位の変化

表 3. 還元処理土壌中における *Fusarium oxysporum* 密度の経時変化 (n=3)

	<i>Fusarium oxysporum</i> 密度 (log CFU/g dry)		
	3日目	6日目	9日目
水処理	—	—	4.57 ^a
1%エタノール	5.07	2.88	2.47 ^b
2%エタノール	4.96	2.56	2.44 ^b

表 4. 還元処理土壌抽出液の pH の経時変化 (n=3)

	pH		
	3日目	6日目	9日目
水処理	—	—	7.43 ^a
1%エタノール	6.9	4.8	4.80 ^b
2%エタノール	7.11	4.93	4.76 ^b

表 5. 還元処理土壌抽出液中における酢酸および酪酸濃度の経時変化 (n=3)

	acetate (mM)			n-butyrate (mM)		
	3日目	6日目	9日目	3日目	6日目	9日目
水処理	—	—	ND	—	—	ND
1%エタノール	0.36	8.50	9.00	ND	0.86	8.96
2%エタノール	0.39	8.94	11.01	ND	0.77	9.23

表 6. 還元処理土壌抽出液中の Fe²⁺ 濃度の経時変化 (n=3)

	Fe ²⁺ 濃度 (mg/L)		
	3日目	6日目	9日目
水処理	—	—	ND
1%エタノール	ND	16.2	118.1
2%エタノール	ND	19.1	119.4

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakane, R., Usami, T.	4. 巻 86
2. 論文標題 PCR primers for identification and detection of <i>Berkeleyomyces rouxiae</i> , a causal agent of black root rot of lettuce	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of General Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10327-020-00933-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件／うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Yuso Kobara, Noriaki Momma, Ikuro Furuzono, Akira Ogata, Norihiro Yamauchi
2. 発表標題 SOIL DISINFESTATION TRIALS AGAINST FUNGAL PATHOGENS OF LISIANTHUS PLANTS
3. 学会等名 2018 MBAO: Fumigation and Alternatives for Production, Storage and Trade Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuso Kobara, Noriaki Momma, Mitsuo Horita, Isamu Matsumoto, Yasushi Narimatsu, Daisuke Miyahara
2. 発表標題 Applicable Expansion of Anaerobic Soil Disinfection Technique Using Diluted Ethanol in Japan
3. 学会等名 9th International Symposium on Soil and Substrate Disinfection (SD 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noriaki Momma, Yuso Kobara, Taro Isoyama, Seigo Amachi
2. 発表標題 Hints for optimization of anaerobic soil disinfection
3. 学会等名 9th International Symposium on Soil and Substrate Disinfection (SD 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳岡 麻由子, 門馬 法明, 宇佐見 俊行
2. 発表標題 土壌還元消毒においてVerticillium dahliaeの微小菌核を死滅させる成分
3. 学会等名 平成31年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 磯山太郎, 堀知行, 門馬法明, 宇佐見俊行, 天知誠吾
2. 発表標題 低濃度エタノール消毒土壌から単離した細菌は低温でもトマト萎凋病菌を抑制する
3. 学会等名 日本微生物生態学会第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taro Isoyama, Noriaki Momma, Toshiyuki Usami, Tmomoyuki Hori, Seigo Amachi
2. 発表標題 Possible mechanisms of anaerobic soil disinfestation (ASD) using low concentration of ethanol as a carbon source
3. 学会等名 9th International Symposium on Soil and Substrate Disinfestation (SD 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuso Kobara, Noriaki Momma, Ysushi Narimatsu, Isamu Matsumoto, Daisuke Miyahara
2. 発表標題 NEW APPROACHES BY ANAEROBIC SOIL DISINFESTATION FOR STRAWBERRY CULTIVATION MEDIA
3. 学会等名 2017 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Noriaki Momma, Kazuya Shimamoto, Yuso Kobara
2. 発表標題 CURRENT STATUS OF DISSEMINATION OF ASD IN JAPAN AND FUTURE DIRECTIONS
3. 学会等名 2017 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 嶋本和也, 門馬法明, 天知誠吾, 小原裕三, 宇佐見俊行, 宍戸雅宏
2. 発表標題 炭素源の相違が土壌表層部と下層部における還元消毒効果に及ぼす影響
3. 学会等名 平成30年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 磯山太郎, 堀知行, 門馬法明, 宇佐見俊行, 天知誠吾
2. 発表標題 低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒法における殺菌メカニズムの解明
3. 学会等名 環境微生物系学会合同大会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中根 麗, 宇佐見俊行
2. 発表標題 レタス黒根病菌に対する土壌還元消毒の効果
3. 学会等名 日本土壌微生物学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中根 麗, 宇佐見俊行
2. 発表標題 Berkeleyomyces rouxiaeに特異的なプライマーを用いたレタス黒根病の診断
3. 学会等名 令和2年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井えり花, 門馬法明, 高橋真秀, 小原 均, 村田義宏, 宍戸雅宏
2. 発表標題 ナシ白紋羽病菌に対する土壌還元消毒法の適用性
3. 学会等名 日本土壌微生物学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 門馬法明, 白根正太, 天知誠吾
2. 発表標題 還元消毒処理土壌中におけるトマト萎凋病菌密度の土壌の化学性の経時変化
3. 学会等名 令和2年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小原 裕三, 北岡大知, 作田光洋, 門馬法明(
2. 発表標題 低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒法によるトマト栽培でのネコブセンチュウ・フザリウム対策の現地実証試験について
3. 学会等名 日本農業学会第45回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuso Kobara, Momma Noriaki, Mitsuo Horita
2. 発表標題 OPTIMIZED SOIL DISINFESTATION TRIALS AGAINST FUNGAL PATHOGENS OF TOMATOES
3. 学会等名 2019 MBAO: Fumigation and Alternatives for Production, Storage and Trade Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	宇佐見 俊行 (Usami Toshiyuki) (50334173)	千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授 (12501)	
研究分担者	穴戸 雅宏 (Shishido Masahiro) (80302537)	千葉大学・大学院園芸学研究科・教授 (12501)	
研究分担者	天知 誠吾 (Amachi Seigo) (80323393)	千葉大学・大学院園芸学研究科・教授 (12501)	
研究分担者	門馬 法明 (Momma Noriaki) (80469626)	公益財団法人園芸植物育種研究所・その他部局等・科長 (72502)	