

露地における土壤還元消毒法の利用方法とイチゴ萎黄病に対する効果

米本謙悟・広田恵介・水口晶子・坂口謙二*
(徳島県立農林水産総合技術支援センター農業研究所)

Utilization of the sterilization by soil reduction in an open air field and its efficacy against Fusarium wilt of strawberry.

By Kengo YONEMOTO, Keisuke HIROTA, Syoko MIZUGUCHI, and Kenji SAKAGUCHI (Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center Agriculture Insutitute Kamojima Tokushima Japan 776-0010)

The soil reductive sterilization method has a advantage that it can be used at lower temperature in short duration. Results of measurements in Tokushima open air showed that soil temperature over 30°C continued from last 10 days of July to last 10 days of September. It was shown that the transparent polyethylene sheet was effective as a covering material of soil, and double layer of that was more. It had a efficacy when amount of time that soil temperature rised above 30 °C reached 280 – 300 hours, i.e.it needed 14 days for the method to be effective at middle August, and more than 20 days at late August. In addition, it was effective when about 280 – 300 arrived at it in time in addition time of 1st more than soil temperature over 30 °C. This method was found to be more effective and stable on Fusarium wilt compared with soil solarization.

(Received October 30, 2006; Accepted December 20, 2006)

緒 言

土壤還元消毒法は新村ら (1999) により公表され, その後各地で臭化メチルの代替技術として実証試験 (竹内2004, 高井ら2003, 上田ら2002, 小山田ら2003) が行われ, 熱水土壤消毒 (西ら1990, 2000, 國安ら1991, 北ら1999) と併用した処理技術も報告されている (植草ら2002)。

本法は土壤に多量の有機物と水を施用し, 土壤を人為的に還元化させ, 土壤中の病原菌を死滅させる方法であり, また従来の太陽熱消毒よりも比較的低温での有効性が明らかとなっている。

徳島県では土壤病害に対して様々な対策がとられてきたが, 露地, 施設とも化学農薬か若しくは太陽熱消毒が中心であった。しかし, 化学農薬による土壤消毒は防除効果は高いものの作業者自身

や周辺環境に対する影響の観点から, できれば回避したい作業である。また, 太陽熱消毒は比較的高い地温を確保する必要があるため, 施設での利用が中心である。しかも, 処理開始時期が盛夏に限られることや曇雨天が続けば効果が安定しない等により露地ではほとんど行われていない。

一方, 土壤還元消毒法は比較的低温での利用が可能であることや処理期間が短いのが特徴であるため, 露地や盛夏期を外した施設の場合でも消毒効果が得られる可能性が考えられる。また, 有機物であるフスマを利用することで作業者への負担は軽くなる等の有利点が考えられる。

そこで本県における本法の利用方法についてイチゴ親株床等, 露地の場合を想定し, 利用可能時期や条件及びより効果的な方法について検討した

* 現徳島県立農林水産総合技術支援センター高度技術支援センター

ので報告する。

本研究を遂行するにあたり、貴重な非病原性フザリウム菌 C-8株を提供していただいた株式会社武蔵野種苗園の手塚信夫博士に深謝申し上げます。

なお、本報告の概要については平成18年度四国植物防疫研究協議会大会で発表した。

材料及び方法

1. 露地での土壤還元消毒における地温の推移

2003年5月下旬から9月下旬の各期間に土壤還元消毒処理を行い、地温を測定した。

土壤還元消毒区の処理方法はフスマ 1 kg/m²を露地圃場に均一に散布し、耕耘機で混和後、約40 cm間隔で灌水チューブを配置し、表面を0.03mm厚の透明ポリエチレンフィルムで被覆後、灌水を行った。灌水量は約 150L/m²とし、無処理区は耕耘のみで無被覆とした。各区は無反復とし、1区 8 m² (2 × 4 m) で行った。

処理期間は5月29日～6月23日(期間1-1)、6月30日～7月16日(期間1-2)、7月16日～8月8日(期間1-3)、8月6日～9月30日(期間1-4)に行い、地温測定はティアンドデイ社製温度センサーを用いて各処理区中央の地表面から20cmの位置を測定した。また、平均気温の測定は徳島県石井町農業研究所内気象観測装置で観測した。

2. 露地における被覆方法別の土壤還元消毒法による *Fusarium* 菌殺菌効果

試験は2004年に第1項と同様の処理方法で実施した。被覆方法は0.03mm厚の透明ポリエチレンフィルム区、透明ポリエチレンフィルムを2枚重ね合わせた二重被覆区、透明ポリエチレンフィルムで被覆した上部を同フィルムでトンネル状態にしたトンネル被覆区とした。無処理区は耕耘のみで無被覆とした。各処理区は無反復とし、1区 8 m² (2 × 4 m) で行った。灌水量は8月11日～9月1日(期間2-1)には203L/m²、8月27日～9月17日(期間2-2)には146L/m²とした。また、本法の効果を把握するため、森(2000)の方法に準じて行った。すなわち、Puhalla(1985)の方法により作出した非病原性フザリウム菌 *Fusarium oxysporum* (C-8) の *nit*変異株 (*nitM*) を1ヶ月

間フスマにて培養後、滅菌した培土と重量比1:5で混和し、軽包装用ネットに約100g入れ、地表面から約20cm下に埋設した。接種培土は1区当たり2カ所埋設した。処理後の残存菌密度は希釈平板法により *nit*変異菌株の選択培地であるCGMBP平板培地(竹原ら1995)で *nit*変異菌株の検出を行った。同時に掘り出した接種培土の水分含量を測定し、乾土1g当たりのcolony forming unit (cfu) 値を算出し、残存菌密度とした。処理期間中の地温測定は第1項と同様に温度センサーで測定した。

3. 露地における土壤還元消毒法の消毒に必要な処理日数の検討

試験は2004、2005年に行い、両年とも処理期間を7日、14日、21日間として本法の消毒効果を調査した。土壤還元消毒処理の方法は第1項と同様とし、消毒効果の判定は、非病原性フザリウム菌 *Fusarium oxysporum* (C-8) の *nit*変異株 (*nitM*) を第2項と同様に1区当たり2カ所埋設し、各処理期間後に取り出し、残存菌密度を調査した。灌水量は2004年8月11日～9月1日(期間3-1)には203L/m²、8月27日～9月17日(期間3-2)には146L/m²、2005年8月12日～9月2日(期間3-3)には232L/m²、8月26日～9月17日(期間3-4)には256L/m²とした。

また、土壤の酸化還元電位を測定するため、酸化還元電位計(2004年はTOA製RM-12P、2005年は藤原製作所製PRN-41)を各処理区2カ所、地表面から20cmの位置に設置し、各処理期間後に測定した。地温測定は第1項と同様に温度センサーで測定し、日照時間は徳島県石井町農業研究所内にある気象観測装置で観測した。

4. 露地における土壤還元消毒法と太陽熱・石灰窒素併用消毒法のイチゴ萎黄病に対する防除効果

試験は2004、2005年に所内のイチゴ萎黄病汚染圃場を用いた。試験区は両年とも2区制とし、1区 6 m² (2 × 3 m) で行った。

土壤還元消毒処理の方法は第1項と同様の方法で行い、被覆方法は第2項と同様に0.03mm厚の透明ポリエチレンフィルム一重被覆、二重被覆、トンネル被覆を行った。一方、太陽熱・石灰窒素併

用消毒区は粒状石灰窒素を0.1 g/m²施用し、耕耘機で混和後、土壤還元消毒区と同様に約30cm間隔で灌水チューブを配置し、透明ポリエチレンフィルムにより被覆した。また、無処理は耕耘のみで黒色ポリエチレンフィルムを被覆した。灌水量は2004年8月29日～9月27日（期間4-1）には235 L/m²、2005年8月30日～9月29日（期間4-2）には223 L/m²とした。処理期間中の地温測定は第1項と同様に温度センサーで測定した。土壤消毒終了後は各処理区の被覆を取り除き、耕耘せずにそのまま放置した。その後、2004年は11月10日に、2005年は11月11日に各処理区に施肥、耕耘を行い、イチゴ苗（品種‘宝交早生’）を定植し、翌年に発病調査を行った。発病調査は2005年は5月27日、6月6日、17日、27日に、2006年は5月25日、6月8日、15日、29日の計4回ずつ発病を指数別（0：無発病、1：小葉のわずかな奇形、黄化、2：小葉の奇形、黄化など典型的な症状、3：株全体の

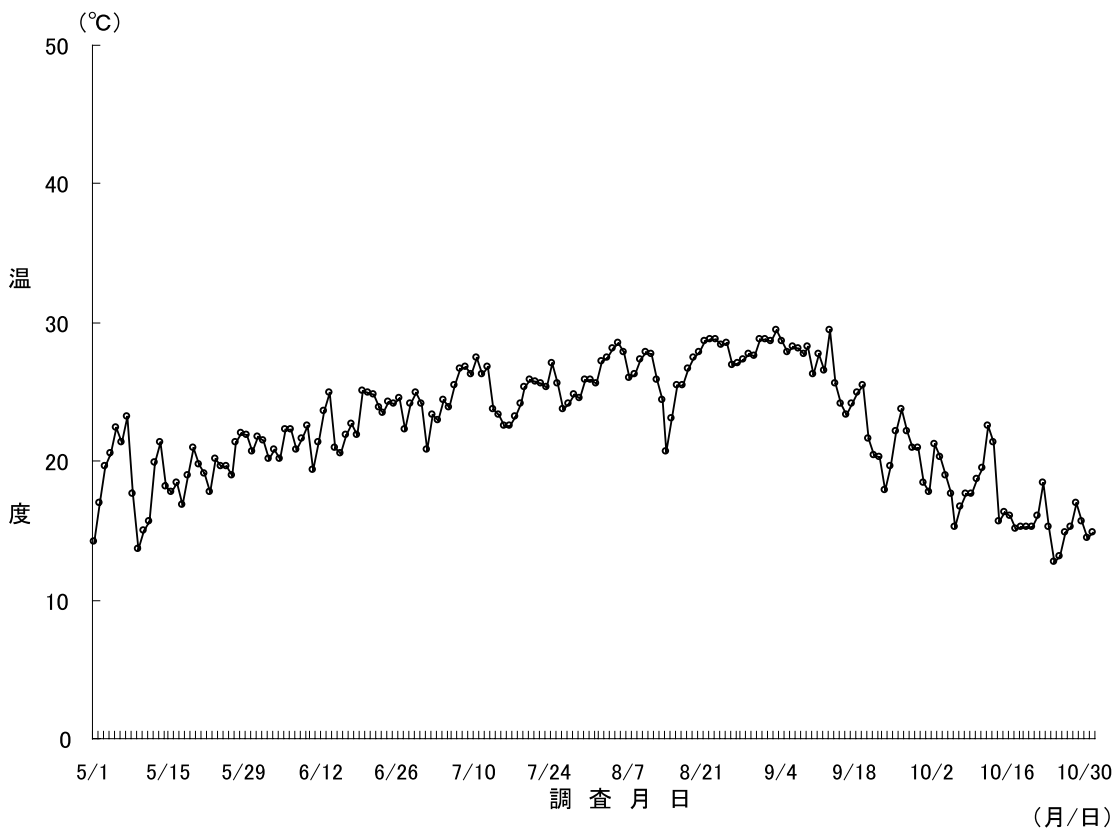
萎縮、萎凋が認められる、4：枯死）に調査し、

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{指数別発病株数} \times \text{指数}) \times 100}{(4 \times \text{調査株数})}$$
の計算式により発病度を算出した。

結 果

1. 露地での土壤還元消毒における地温の推移

2003年は平均気温が20℃を安定的に上回ったのは5月第6半旬から9月第6半旬までの期間であった（第1図）。5月29日開始の期間1-1では土壤還元消毒区の平均地温が30℃を上回ることにはなかった。6月30日開始の期間1-2では処理8日後から30℃を上回り始めた。7月16日開始の期間1-3では処理9日後から30℃を上回り始めた。8月6日開始の期間1-4では処理開始直後からほぼ30℃を上回り始め、9月20日頃まで安定的に30℃以上の地温が確保された。無処理区では全期間平均地温が30℃を上回ることにはほとんどなかった（第2図）。



第1図 徳島県内における日平均気温の推移

観測地点は徳島県石井町農業研究所内気象観測装置 観測期間は2003年5月1日～10月31日

2. 露地における被覆方法別の土壤還元消毒法による *Fusarium* 菌殺菌効果

8月第3半旬開始の期間2-1での地温は消毒処理期間中、トンネル被覆区が最も高く、次いで二重被覆区であった。なお、無処理区を除いた土壤還元消毒区では被覆の方法に関わらず、すべて土壤還元消毒処理開始から終了まで、平均地温がほぼ30℃以上保持されていた。*Fusarium*菌残存菌密度は、被覆方法別に関わらず、消毒処理終了時点で検出限界以下であった。

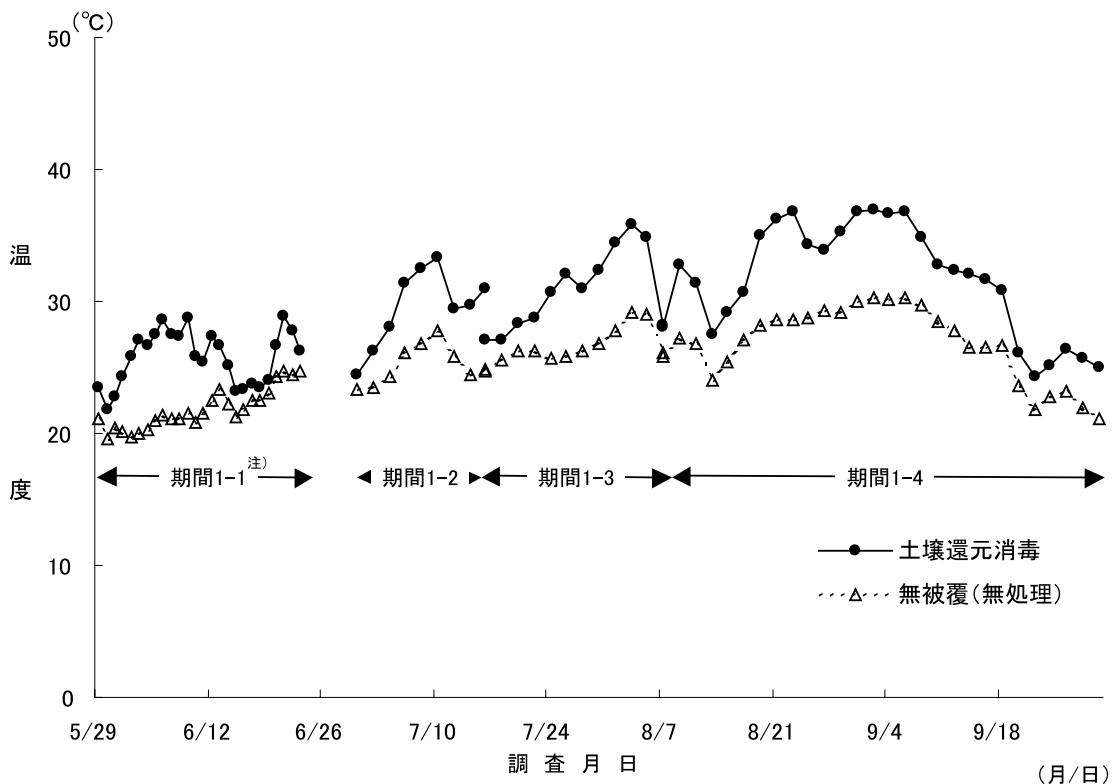
8月第5半旬開始の期間2-2の地温は期間2-2と同様にトンネル被覆区が最も高く、次いで二重被覆区であったが、透明ポリエチレンフィルム一重被覆区で平均地温が30℃を下回る日があった。しかし、*Fusarium*菌残存菌密度は、期間2-1と同様、被覆方法別に関わらず、処理終了時点で検出限界以下であった(第1表、第3図)。

3. 露地における土壤還元消毒法の消毒に必要な処理日数

2004年、2005年とも8月第3半旬開始の期間3-1及び3-3で土壤還元消毒区の平均地温は開始後から終了までほぼ30℃以上確保されていた。

日照時間は2004年では処理開始後7日間でほとんど観測されなかった日は2日間、2005年では4日間であったが、平均地温30℃以上の積算時間の推移は両年とも大きな差は無かった(第4図)。

2004年の土壤還元消毒区の酸化還元電位は処理7日後では還元状態になっていないことを示し、14日後以降、還元状態になったことを示した(第2表)。しかし、*Fusarium*菌残存菌密度は、処理7日後で検出限界以下であった(第3表)。2005年では処理7日後は欠測であったが、14日後以降は還元状態になったことを示した(第2表)。*Fusarium*菌残存菌密度では、処理後7日では検出



第2図 露地における土壤還元消毒の平均地温の推移

注)：期間1-1は2003年5月29日～6月23日，期間1-2は2003年6月30日～7月16日
 期間1-3は2003年7月16日～8月8日，期間1-4は2003年8月6日～9月30日
 地温はティアンドデイ社製温度センサーで地表面より20cm下を計測

が認められたが、処理14日後以降は検出限界以下となった（第3表）。両年を通じて土壌が還元状態になり、なおかつ接種菌が検出されなくなったのは地温が30℃以上の日別積算時間が約280～300時間に達した処理後約14日であった。

8月第5半旬開始の期間3-2, 3-4では土壌還元消毒区の平均地温が開始から終了まで期間3-1と比較して30℃を下回る日があったが27℃を下回る日はなかった。

日照時間は2004年では処理開始後7日間でほとんど観測されなかった日は3日間、2005年では2日間で、地温30℃以上の日別積算時間の推移も大きな差は無かった（第4図）。

2004年の土壌還元消毒区の酸化還元電位は処理7日後で還元状態になっていることを示したにもかかわらず*Fusarium*菌残存菌密度は、処理7日後では検出が認められ、期間3-1とは逆の結果となった。処理14日後には検出限界以下となっ

た。2005年では処理7日後で還元状態になったが、*Fusarium*菌残存菌密度は、処理14日後まで検出が認められた。処理後21日以降は検出限界以下となった（第2, 3表）。

両年を通じて土壌が還元状態になり、なおかつ接種菌が検出されなくなったのは地温30℃以上の日別積算時間が約280～300時間に達した処理後約20日であった（第4図）。

4. 露地における土壌還元消毒法と太陽熱・石灰窒素併用消毒法のイチゴ萎黄病に対する防除効果

2004, 2005年度とも平均地温が開始から終了まで土壌還元消毒区および太陽熱石灰窒素併用消毒区とも30℃を下回る日があった。イチゴ萎黄病の発病程度は両年とも土壌還元消毒法が被覆方法の違いに関係なくほとんど発病が認められなかったのに対し、太陽熱・石灰窒素併用消毒法及び無処

第1表 被覆方法別の土壌還元消毒後の*Fusarium*菌残存菌密度

被 覆 方 法	処理後の残存菌密度 (cfu/g乾土) ^{注1)}	
	処 理 期 間 ^{注2)}	
	期間2-1	期間2-2
透明ポリエチレンフィルム	N.D. ^{注3)}	N.D.
透明ポリエチレンフィルム 二重被覆	N.D.	N.D.
透明ポリエチレンフィルム トンネル被覆	N.D.	N.D.
無処理	18.0×10 ⁵	12.5×10 ⁵

注1)：乾燥土1g中に生存する菌数

注2)：期間2-1は2004年8月11日～9月1日 期間2-2は2004年8月27日～9月17日

注3)：検出限界以下

第2表 土壌還元消毒処理後日数における土壌中の酸化還元電位の推移

処 理 区 名	年次	処 理 後 日 数					
		処理期間1 ^{注1)}			処理期間2 ^{注2)}		
		7日	14日	21日	7日	14日	21日
土壌還元消毒	2004	64	-311	-338	-294	- ^{注3)}	-343
	2005	-	-268	-214	-155	-	-160
無被覆（無処理）	2004	255	205	135	119	-	96
	2005	-	466	766	766	-	347

注1)：2004年は8月11日～9月1日（期間3-1）、2005年は8月12日～9月2日（期間3-3）

注2)：2004年は8月27日～9月17日（期間3-2）、2005年は8月27日～9月17日（期間3-4）

各年次、酸化還元電位は酸化還元電位計により各処理区2カ所、地表面より20cm下を測定

注3)：欠測

理区では全ての株で発病が認められた（第5，6図）。

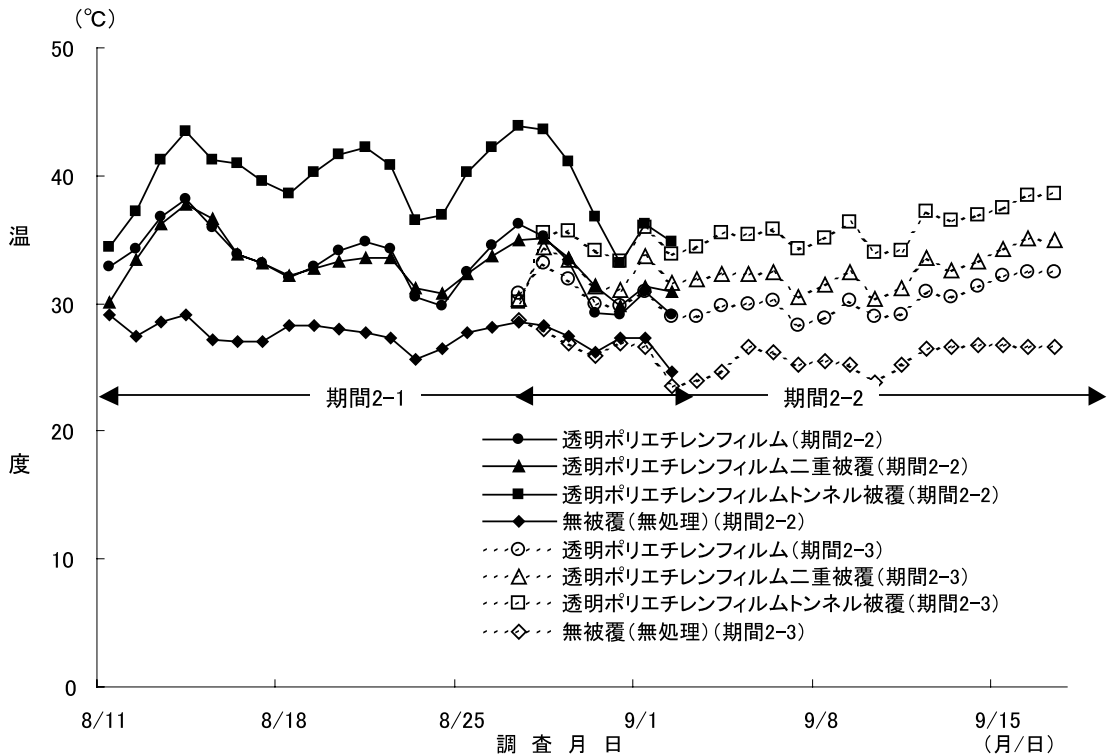
考 察

土壌還元消毒法の防除効果を安定的に発現させる条件の一つに、平均地温を30℃以上確保させることが必要である。そのためには消毒期間のアメダスの日平均気温が20℃以上であることが指摘されている（新村2000，2002）。そこで、本県の露地での気温の推移を調査したところ20℃を上回る期間は5月第6半旬から9月第6半旬までであった。しかし、露地では施設に比べて圃場の保温効果が低いため、地表面を被覆して地温を30℃前後まで保てるのは早くても7月第4半旬からであり、最終は9月第5半旬までであり、地温の上昇は気温の上昇と連動しておらず、時間的なずれが見られた。これは露地の地温上昇は気温よりも太陽熱放射量に依存しており、土壌の比熱が大気の比熱よりも小さいので地温上昇に一定期間が必要であるためと考えられた。そのため、本法は露地では早

くて7月第4半旬頃から、遅くとも8月第5半旬から9月第1半旬までに開始する必要があると考えられた。

フィルムの被覆方法別では2カ年試験を行った。その結果、2重に被覆を行うと、一重フィルムよりも地温を上昇させることが容易であり、なおかつ一度上がった地温が下がりにくかった。これは被覆資材との間に空気の層ができていたため、より地温を上昇させる効率がよく、また、2重にしているため、得られた温度を逃がしにくいものと考えられた。そのため、露地という天井や側面に温度を確保するものが何もない条件では被覆資材を重ね合わせ、擬似的にハウスのような状態を作ることにより土壌還元消毒の効果を安定させることができると考えられた。

また、土壌還元消毒法の必要処理日数を検討した結果、酸化還元電位の低下と接種菌の菌密度が検出限界以下となったのが2004年、2005年とも8月第3半旬開始では約14日間、8月第5半旬開始では約20日間と同様の傾向を示し、その時点で地



第3図 露地における土壌還元消毒の被覆方法別による地温の推移

注)：期間2-1は2004年8月11日～9月1日，期間2-2は2004年8月27日～9月17日
地温はティアンドデイ社製温度センサーで地表面より20cm下を計測

温30℃以上の積算時間が約280～300時間に達したことから、防除効果を安定させるための必要な条件と考えられた。処理開始時の天候が防除効果に

及ぼす影響を検討した結果、処理開始からその7日後までの日照時間と地温30℃以上の日別積算時間は相関が認められず、また、8月では無被覆の

第3表 土壤還元消毒処理期間別の処理後における*Fusarium*菌残存菌密度

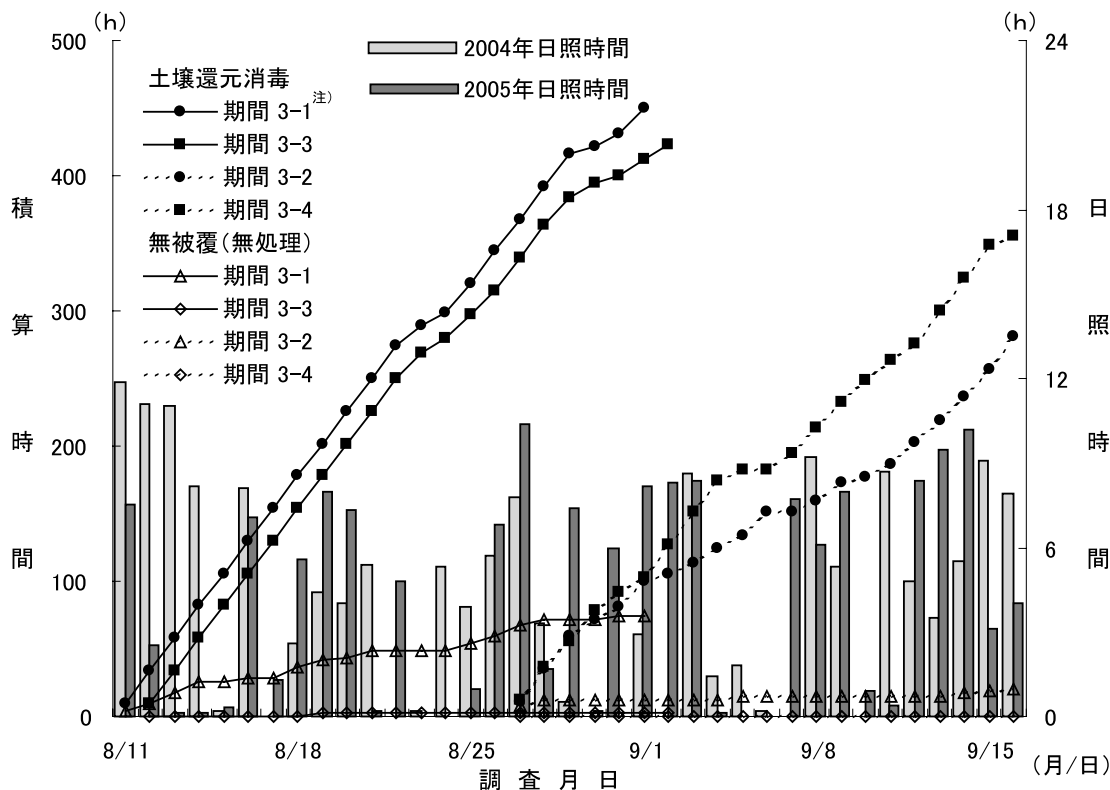
処理期間	残存菌密度 (cfu/g乾土) ^{注1)}			
	試験年次			
	2004 ^{注2)}		2005	
	8.11-9.1	8.27-9.17	8.12-9.2	8.27-9.17
7日	N.D. ^{注2)}	12.5×10 ²	7.1	20.4
14日	N.D.	N.D.	N.D.	47.4
21日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
無処理	18.0×10 ⁵	12.5×10 ⁵	3.2×10 ⁵	1.9×10 ⁵

注1)：乾燥土1g中に生存する菌数

注2)：2004年は8月11日～9月1日(期間3-1)，2005年は8月12日～9月2日(期間3-3)

2004年は8月27日～9月17日(期間3-2)，2005年は8月27日～9月17日(期間3-4)

注3)：検出限界以下



第4図 露地における土壤還元消毒時の日別日照時間と30℃以上の日別積算時間の推移

注)：期間3-1は2004年8月11日～9月1日，期間3-2は2004年8月27日～9月17日

期間3-3は2005年8月12日～9月2日，期間3-4は2005年8月27日～9月17日

地温はティアンドデイ社製温度センサーで地表面より20cm下を計測

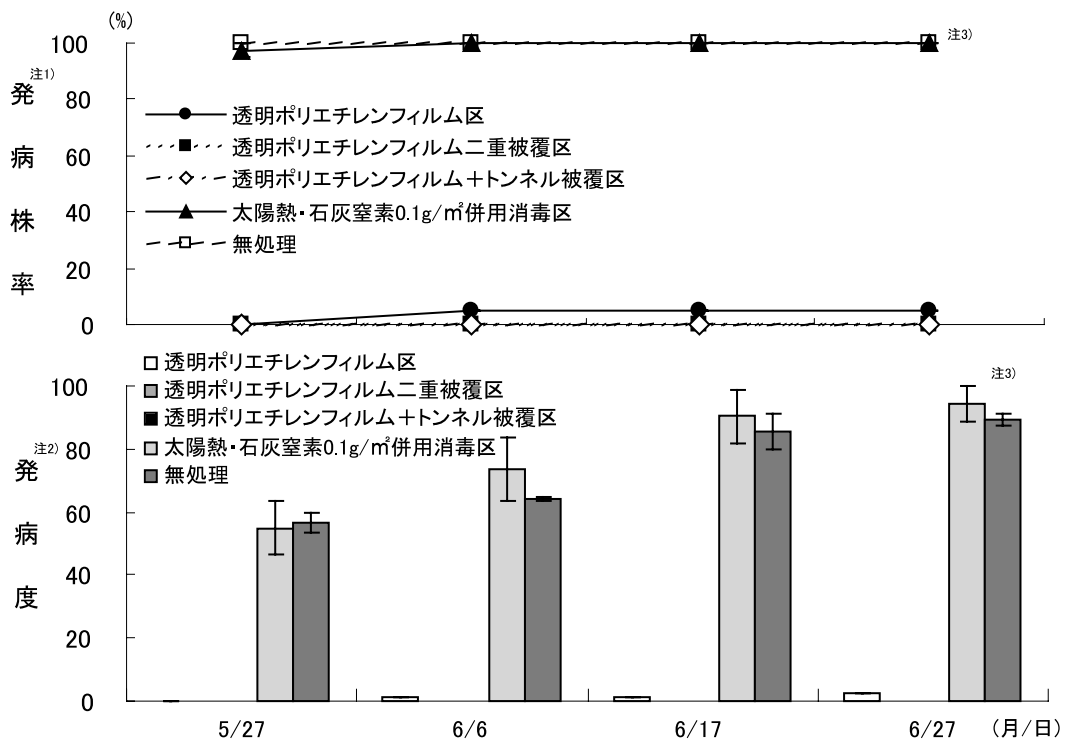
平均地温が27℃以上あったことから、8月開始であれば多少曇天の日があっても処理効果に影響がないと推察された。

土壌還元消毒の効果は還元化の過程で土壌中の溶存酸素濃度の低下が関与していることが指摘されているが、土壌の還元化の過程において生成される酢酸等の有機酸や病原菌に対する強い生存抑制作用をもつ揮発性成分の生成の関与も指摘されている。(久保ら 2002, 門馬ら 2004)。また、土着の微生物群の活性や微生物層に対する大きな変化(門馬ら 2003), 特に還元化の初期には嫌気性微生物の拮抗作用による病原菌への直接的な作用が大きいことも指摘されている(久保ら2005)。本試験においても処理後の酸化還元電位と *Fusarium* 菌残存菌密度が一致しない場合があり、土壌還元処理後の土壌が還元状態になってい

ないにも関わらず *Fusarium* 菌が死滅したことから病原菌の密度低下には土壌の還元化過程における酸化還元電位の低下だけでなく、有機酸等の生成を含めた複合的な要因が関与しているという指摘を裏付ける結果となった。

本法は太陽熱・石灰窒素併用消毒法と比較して、消毒効果が安定する時期の幅が広いため、イチゴ萎黄病を対象とし、露地で、しかも本来なら太陽熱・石灰窒素併用消毒法が行えない時期の効果を検討した。その結果、本法が太陽熱・石灰窒素併用消毒法よりもかなり安定的に効果を示した。このことより本県のような温暖な地域ではイチゴ定植直前まで土壌還元消毒が行える可能性があり、太陽熱消毒に比べ土壌消毒時期を大幅に拡大させることができると考えられた。

以上の結果から土壌還元消毒法は太陽熱・石灰



第5図 露地における土壌還元消毒法と太陽熱・石灰窒素併用消毒法のイチゴ萎黄病に対する防除効果(2005)

注1) 各試験区は2区制で1区当たり20株供試した。

注2) 発病度 = (Σ(程度別発病株数×指数) / 調査株数 × 4) × 100

指数 0: 無発病, 1: 小葉のわずかな奇形, 黄化

2: 小葉の奇形, 黄化など典型的な症状 3: 株の萎縮, 萎凋 4: 枯死

注3) グラフ中のバーは標準誤差(SE)

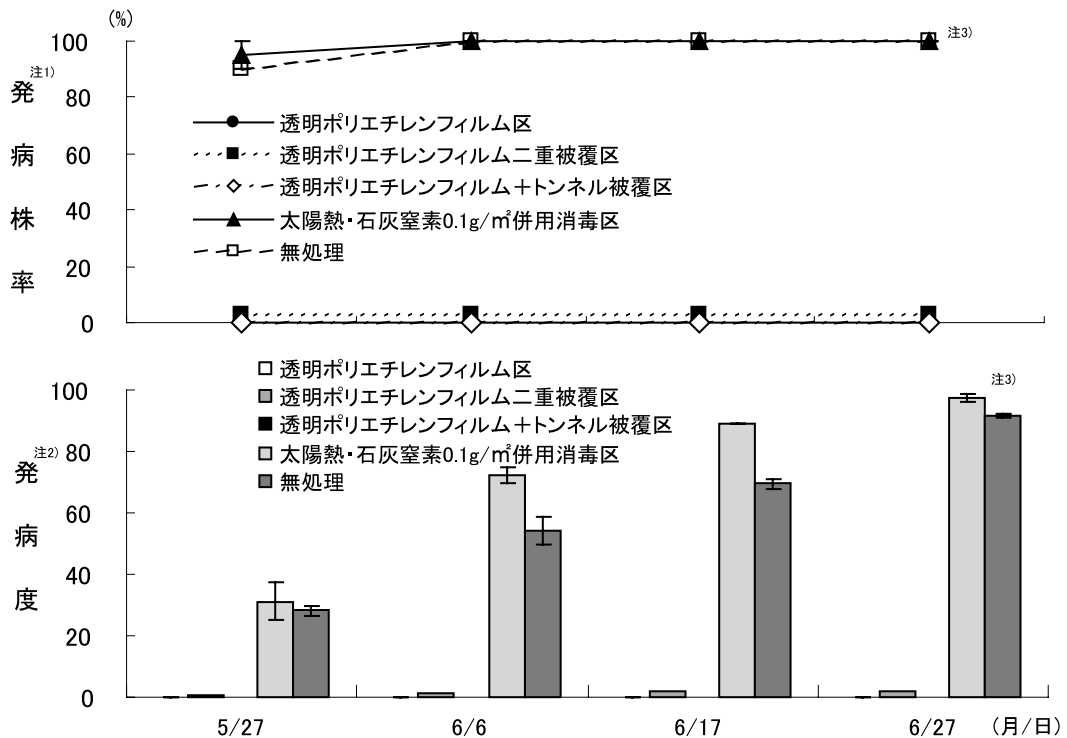
窒素併用消毒法よりも利用可能時期が広くなり、なおかつ露地や台風対策等で施設の天井を外し、露地のようになった場合であっても安定的に防除効果を上げることのできる技術であることが明らかとなった。今後は本法の発病抑制機構である土壌中の酸素濃度の変化や有機酸等の生成過程等の解明が望まれるところである。

摘 要

土壌還元消毒法は比較的低温での利用が可能であることや処理期間が短いという利点があるこ

とから、徳島県の露地での有効性を検討した結果、処理開始時期は日平均地温が30℃を越える7月第5半旬から9月第1半旬までであり、被覆方法は透明ポリエチレンフィルム利用で、二重に被覆するとさらに効果が安定的であった。また、地温30℃以上の日別積算時間が約280~300時間に達すれば効果が認められ、8月中旬開始では処理期間が約14日間、8月下旬開始では約20日間必要であった。

さらにイチゴ萎黄病に対して、露地での本法と太陽熱・石灰窒素併用消毒法の防除効果を比較し



第6図 露地における土壌還元消毒法と太陽熱・石灰窒素併用消毒法のイチゴ萎黄病に対する防除効果 (2006)

注1) 各試験区は2区制で1区当たり20株供試した。

注2) 発病度 = (Σ(程度別発病株数×指数) / 調査株数 × 4) × 100

指数 0: 無発病、1: 小葉のわずかな奇形, 黄化

2: 小葉の奇形, 黄化など典型的な症状

3: 株の萎縮, 萎凋 4: 枯死

注3) グラフ中のバーは標準誤差 (SE)

た結果、本法のほうが防除効果が高く、安定的であった。

引用文献

- 北 宜裕・植草秀敏 (1999): 熱湯散布による土壌消毒. 農耕と園芸, 54 (11):105-109.
- 久保周子・片瀬雅彦・牛尾進吾・大塚英一・山本二美・竹内妙子 (2002): 還元消毒法の消毒効果に関与する要因. 日植病報, 68 (3):206.
- 久保周子・牛尾進吾・片瀬雅彦・竹内妙子 (2005): 土壌還元消毒効果に関与する要因の解析. 日植病報, 71 (3):281.
- 國安克人・西 和文・百田洋二・竹下定男 (1991): 熱水注入による土壌消毒. 植物防疫, 45:247-251.
- 門馬法明・宇佐見俊之・雨宮良幹・宮本浩邦・穴戸雅宏 (2003): 土壌の還元化がトマト萎凋病菌の生存に及ぼす影響因子の解析. 日植病報, 69 (3):288.
- 門馬法明・宇佐見俊之・雨宮良幹・宮本浩邦・穴戸雅宏 (2004): 土壌還元消毒によるトマト萎凋病菌および青枯病菌の生存抑制機構の解明. 日植病報, 70 (3):256.
- 森 充隆 (2000): イチゴ高設・バッグ式養液栽培システムにおける培地の太陽熱消毒. 四国農業の新しい技術, 10:129-134.
- 西 和文・高橋廣治・國安克人 (1990): 熱水土壌消毒によるダイズ黒根腐病の防除. 日植病報, 56:392-393
- 西 和文 (2000): 熱水を利用した最新の消毒技術. 土壌伝染病談話会レポート, 20:190-199
- 小山田浩一・鈴木 聡・和田悦郎・齋藤芳彦 (2003): 土壌還元消毒法のイチゴ萎黄病に対する防除効果. 関東東山病虫研報, 50:49-53.
- Puhalla, J.E. (1985): Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. Can. J. Bot., 63:179-183
- 新村昭憲・坂本宣崇・阿部秀夫 (1999): 還元消毒法によるネギ根腐萎ちょう病の防除. 日植病報, 65 (3):352-353.
- 新村昭憲 (2000): 農業技術体系第5-1巻 (追録第11号), 畑212の6-9
- 新村昭憲 (2002): 還元消毒法の原理と効果. 土壌伝染病談話会レポート, 22:2-12
- 高井 啓・西 和文・田口義広・渡辺秀樹・勝山直樹・窪田昌春 (2003): 熱水および土壌還元消毒の効果と土壌pH, EC, およびキュウリの生育に及ぼす影響. 関西病虫害研報, 45:99-100
- 竹原利明・萩原 廣・國安克人 (1995): *Fusarium oxysporum* の *nit* 変異菌株と野生菌株の土壌からの分別定量法. 日植病報, 61 (6):606.
- 竹内妙子 (2004): 千葉県における土壌還元消毒法による土壌病害防除. 土壌伝染病談話会レポート, 22:13-21
- 上田賢悦・佐藤 玄・佐山 玲 (2002): 秋田県における土壌還元消毒によるホウレンソウ萎凋病の防除. 北日本病害虫研報, 53:52-54
- 植草秀敏・岡本昌広・草野一敬 (2002): 熱水と土壌還元処理の併用によるトマト萎凋病菌の密度低減効果. 関東東山病虫研報, 59:23-29.