

【農学】

<研究論文>

陽熱負荷量と土壌病原菌の消毒効果との関係

下高敏彰*1・日當明男*2・橋本知義*3・大場和彦*2

Relationship between Solar Heating Load Amount and
Sterilization of Soil-borne FungusSHIMOTAKA Toshiaki, HINATA Haruo, HASHIMOTO Tomoyoshi
and OHBA Kazuhiko

Summary

We examined incidence of the tomato damping-off that I carried out in farm of national agricultural research center in Tukuba city and relations with the solar heating load amount. Furthermore, we examined relations with solar heating load amount and other soil-borne fungus from past documents.

The solar heating load amount when soil solarization effect for tomato damping-off was higher than 2755.6 °C·hrs in case of depth 5cm and setting death-temperature 40 °C and, higher than 1089.4 °C·hrs in the case of depth 15cm and setting death-temperature 40 °C.

As for the heating load amount when the constant temperature test of the other soil-borne fungus was higher than 98 °C·hrs in case of soil-borne fungus death-low temperature, and the soil-borne fungus death-middle temperature was higher than 240 °C·hrs, the soil-borne fungus death-high temperature was higher than 480 °C·hrs. But these results are guessed if it becomes higher than these values in the farm, because soil solarization is influenced by the weather.

It will be necessary to clarify relationship between solar heating load amount and sterilization of the other soil-borne fungus in case of farm condition in future.

Keywords : (Soil Solarization, Solar Heating Load Amount, Soil-borne Fungus, Sterilization)

1. 緒言

太陽熱土壌消毒法の効果は、現場圃場での実証試験や実験室での各種土壌病原菌の死滅温度の推定など数多くの実験成果が報告されてきた^{1,7)}。

太陽熱土壌消毒効果の研究の中で土壌病害の研究者は、土壌病原菌の死滅を実験室における恒温装置内の病原菌培養実験で一定の温度を処理し、土壌病原菌が死滅した時間で示した。圃場においても病原菌を土壌中に埋没し、ある温度域を超えた経過時間で示し、作物の病徴被害率の関係から消毒効果を示した^{2,3)}。

しかし、露地の場合では日最高地温が天候条件により大きく左右され、土壌の物理性及び地形の違い等により地温上昇度は大きく変化する。そのため、消毒期間中における土壌中の貯熱量が大きく異なり、土壌中の病原菌数は、死滅温度域では減少し、死滅温度域以下であれば増殖を繰り返すため、地温の一定温度域以上の経過時間では消毒効果を判断できない。これらのことにより、年次的に消毒効果の有無が明確化されないために、農家への普及技術の利用に関して問題視されている。

下高ら⁸⁾は、太陽熱土壌消毒法の効果を定量的に判断す

*1 大学院・工学研究科・総合システム工学専攻

*3 農研機構中央農業総合研究センター

2017年4月 3日受付

2017年6月14日受理

*2 大学院・工学研究科教授

るため、土壌中の温熱環境を測る尺度として陽熱負荷量を定義し、近似モデルを構築した。しかし、陽熱負荷量と土壌病原菌の消毒との関係についての報告例は少ない。

そこで、本研究は、つくば市観音台の中央農業総合研究センター試験圃場の地温データから、同試験圃場で実施したトマト立枯れ病の発病率と陽熱負荷量との関係と、過去の文献等から他の土壌病害虫と陽熱負荷量との関係を調査し、成果をまとめたので報告する。

2. 材料および方法

2.1 実験方法とトマト立枯症の調査方法

実験場所は、茨城県つくば市に位置する中央農業総合研究センター観音台圃場のビニールハウス2棟（E1, E2）を用いて実施した。ビニールハウス圃場の土性は表層腐植質黒ボク土である。太陽熱消毒後の施肥耕起に伴う消毒土壌の攪乱・再汚染のリスクをさけるため、消毒前に施肥を行う「宮崎型改良陽熱消毒法」⁹⁾を参考に、消毒前に有機物施肥・耕起を行った。処理試験区の概要を表1に示す。試験区は3試験区を設け、試験区1では、有機質肥料（有機アグレット666, 朝日工業, 東京）を140kg/10a施肥後、ポリエチレンフィルム（厚さ0.02mm, セキスイフィルム株式会社, 大阪）で被覆し、太陽熱消毒を行った。試験区2では、焼酎粕濃縮液（アミノハッピー, 雲海酒造, 宮崎）を1t/10a施肥後、同様にポリエチレンフィルムで被覆して太陽熱消毒を行った。試験区3では、前述の有機質肥料を140kg/10a施用したが、ポリエチレンフィルムによる被覆は行わなかった。試験区は1株当たり6区画（5m²/区）、2反復で配置した。太陽熱消毒は2014年7月29日にポリエチレンフィルム被覆と同時に灌水チューブを敷

設し、ハウスを締め切った。その後、約3時間灌水した後、太陽熱消毒の開始とした。2014年9月2日にハウスを開放して処理の終了とした。処理中の地温は、各試験区の深さ5cmおよび15cmについてデータロガー（おんどとり：TR-52i, T&D）を用いて30分間隔で測定した。

立枯病菌の調査方法は、2014年4月23日にハウスバーミキュライトふすま培地で25°C1ヶ月間培養した立枯病菌（P7nit4-1菌株）を75kg/aの割合で播種し、小型管理機で表層約20cmの深さまで混和し、播種50日後のトマト苗（「桃太郎」, 自根）を定植し、栽培した。6月10日にトマト地際部が黒変した株を確認し、立枯病の初発とした。7月9日の発病調査において、発病株のうち5株を抜き取り、地際罹病部から塩素酸カリウム濃度を3%に改変した *nit* 変異株選択培地 MMCPA 培地¹⁰⁾を用いて病原菌の分離を試みたところ、供試したすべての発病体から P7nit4-1 菌株が分離されることを確認した。立枯病発症後の7月28日と太陽熱消毒後の9月2日に土壌コアサンプラーを用いて、地上部より深さ5cm及び15cmの土壌を採取した。採取土壌は、MMCPA培地を用いた希釈平板法により立枯病菌株の密度を測定し、太陽熱消毒前の乾土1gあたりの菌密度（検出限界は1.0×10¹cfu/g乾土）を求めた。

土壌はそれぞれハウス圃場内3か所から採取し、サンプルあたり2回反復して菌数を測定し、平均値をその圃場の菌密度とした。

また、同試験を2015年にも実施した。2015年試験における太陽熱消毒開始日は9月4日であり、同年10月16日に終了した。

表 1. 中央農業総合研究センターの密閉ハウス圃場における試験処理区

試験区	2014年		2015年		
	施用資材	被覆	施用資材	被覆	
ビニールハウス(E1)	E1-1	有機アグレット666	有り	有機アグレット666	有り
	E1-2	焼酎粕濃縮液 アミノハッピー	有り	焼酎粕濃縮液 アミノハッピー	有り
	E1-3	有機アグレット666	無し	有機アグレット666	無し
ビニールハウス(E2)	E2-1	有機アグレット666	有り	有機アグレット666	有り
	E2-2	焼酎粕濃縮液 アミノハッピー	有り	焼酎粕濃縮液 アミノハッピー	有り
	E2-3	有機アグレット666	無し	有機アグレット666	無し
処理期間	7月29日～9月2日		9月4日～10月16日		

2.2 文献調査と熱負荷量との関係

1976年以降において太陽熱土壌消毒法が実施されるようになり、病理分野では各種土壌病原菌の死滅温度と時間について研究が行われた¹¹⁻³⁰⁾。本研究は、それらの結果から次式(1)式により熱負荷量(HQ)を算出し、各種病原菌の消毒との関係を検討した。

$$HQ=(T-40)\times Hr \quad (1)$$

ここで、Tは、恒温処理温度であり、Hrは、恒温処理時間である。

3 結果と考察

3.1 陽熱負荷量とトマト立枯症との関係

中央農業総合研究センター観音台圃場での各試験における深度5cmおよび15cmにおける死滅温度40℃以上の陽熱負荷量とトマト立枯症の検出限界以上の菌体数との関係を図1示す。深度5cmの菌体数が0の時の陽熱負荷量は、それぞれ2755.6℃・hrs、2834.4℃・hrs及び3190.5℃・hrsであった。本研究における深度5cmの菌体が存在していた時の陽熱負荷量は1209.2℃・hrs以下の時であった。陽熱負荷量と菌体数の間の関係は、陽熱負荷量が16.2℃・hrsの時、菌体数が100cfu/gで、陽熱負荷量が318.9℃・hrsの時、菌体数が23000cfu/g等、陽熱負荷量の増加に伴い菌体数が減少するわけではなかつ

た。これは、病原菌死滅温度以上の貯熱量の連続性等が菌体数の増減に関係すると推察される。すなわち、病原菌死滅温度以上の温度域がある一定時間以上出現しなかった場合、消毒効果が期待できないことが推察される。

各試験区別の深度15cmの菌体数が死滅状態の時の陽熱負荷量は、それぞれ1089.4℃・hrs、1244.1℃・hrs及び1865.4℃・hrsであった。本研究における深度15cmの菌体が存在していた時の陽熱負荷量は93.5℃・hrs以下の時であった。

ところで、トマト立枯病菌の死滅温度は、恒温室実験において43℃で120時間以上と報告されており(越智ら、2015)、この場合の陽熱負荷量は、360℃・hrsである。この値は、病原菌の直接局所的効果によるものであり、少なくとも本研究における圃場での深度5cmの陽熱負荷量の2755.6℃・hrs及び深度15cmの1089.4℃・hrsに比べて低い結果であった。これは、圃場においては、土壌中の地温変化は広域的で天候や土壌の物理性等により左右されるため、室内実験に比べて高くなると推測される。よって、トマト立枯病菌対策のための太陽熱土壌消毒効果は、深度5cmで設定温度40℃の陽熱負荷量が2755.6℃・hrs以上であり、深度15cmの場合1089.4℃・hrs以上で消毒されたと結論付ける。この値は、恒温室実験の360℃・hrsに比べて7.7倍及び3倍であった。

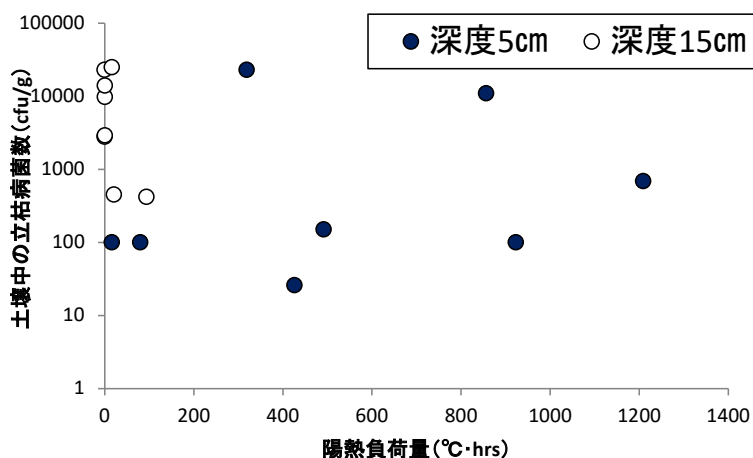


図1 深度5cmおよび15cmにおける設定温度40℃の陽熱負荷量とトマト立枯症の検出限界以上の菌体数との関係

3.2 陽熱負荷量と各種病害虫との関係

既存の研究結果を基に算出した熱負荷量は、室内実験の恒温処理における実験結果であるため、圃場実験に比べ、低くなる。そのため室内実験の熱負荷量と合わせて、トマト立枯病菌の実験結果で示した室内実験に比べて7.7倍高い熱負荷量を参考に表示した図を2に示した。図2の結果から、本研究では、熱負荷量別に3種類の菌体領域に分けることとする。キュウリホモプシス根腐病、イチゴ炭疽病、キュウリ菌核病菌、キュウリ苗立枯病(Ry)、キュウリ灰色疫病菌、ナス半身萎ちょう病菌、インゲン根腐病菌及びナス半身萎ちょう病は、他の菌体に比べて熱負荷量が低いため、低熱負荷領域菌体とし、キュウリ苗立枯病(R)、トマト白絹病菌及びそうか病菌は、中陽熱負荷領域菌体とし、ダイコン萎黄病菌、ハウレンソウ萎ちょう病菌、キュウリつる割病菌、トマト立枯病菌及びサツマイモ立枯症菌は、高熱負荷領域菌体とする。

恒温処理実験における低熱負荷領域菌体の熱負荷量は、288 °C・hrs 以上で、中熱負荷領域菌体は、240 °C・hrs 以上で、高熱負荷領域菌体は、480 °C・hrs 以上で死滅する。この結果は、病原菌の直接局所的効果によるものであるため、圃場においては、この値よりも高くなると推察される。

参考として、圃場実験におけるトマト立枯病菌の消毒された時の、陽熱負荷量と室内実験の陽熱負荷量と比べた時

の倍率である7.7倍を、各菌体領域の恒温処理実験の値に掛けると、低熱負荷領域菌体が、739.2 °C・hrs、中熱負荷領域菌体は、21848 °C・hrs、及び高熱負荷領域菌体は、3696 °C・hrsであった。

4 まとめ

中央農業総合研究センター観音台圃場で実施したトマト立枯病の発病率と陽熱負荷量との関係について検討した。さらに、過去の文献等から他の土壌病原菌と熱負荷量との関係を検討した。

検討の結果、トマト立枯病菌対策のための太陽熱土壌消毒効果は、深度5cmで設定温度40°Cの陽熱負荷量が2755.6 °C・hrs以上であり、深度15cmの場合1089.4 °C・hrs以上で消毒されたと結論付けた。

恒温処理実験における低熱負荷領域菌体の熱負荷量は、96 °C・hrs以上で、中熱負荷領域菌体は、240 °C・hrs以上で、高熱負荷領域菌体は、480 °C・hrs以上で死滅する。この結果は、病原菌の直接局所的効果によるものであるため、圃場においては、この値よりも高くなると推察され、圃場条件下における土壌病原菌の消毒効果と陽熱負荷量との関係についてデータを蓄積し、関係性を明らかにすることが今後の課題である。

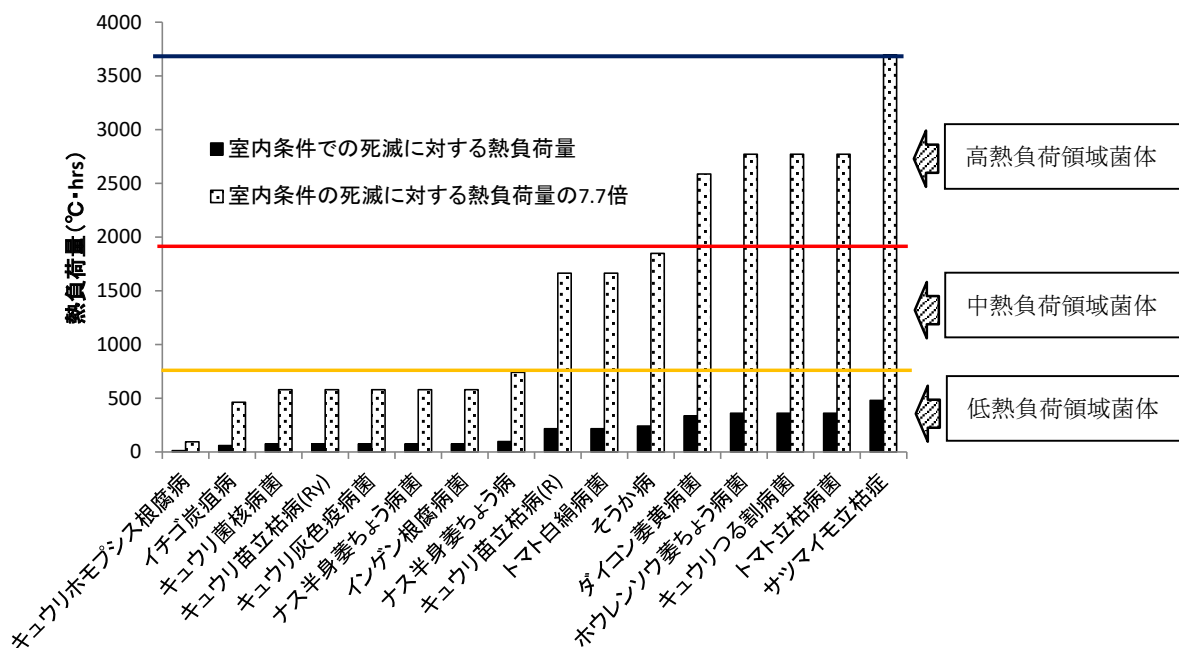


図2. 設定温度40°Cの熱負荷量と各種病原菌との関係

謝辞

本研究にあたり、茨城県つくば市観音台圃場で太陽熱土壌消毒を実施した時の地温データ並びに、トマト立枯症病菌密度のデータを提供していただいた農研機構中央農業総合研究センターの越智直様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 福井俊男・小玉孝司・中西喜徳：太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法についてⅣ露地型被覆処理による土壌伝染性病害虫に対する適用拡大．奈良県農業試験場研究報告，12号，（1981）pp109-119.
- 2) 小玉孝司・福井俊男：太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法についてⅠ土壌伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壌温度の変化．奈良県農業試験場研究報告，10，（1979a）71-82
- 3) 小玉孝司・福井俊男・中西喜徳：太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法についてⅡイチゴ萎黄病ほか土壌伝染性病害に対する土壌消毒効果と効果判定基準の設定．奈良県農業試験場研究報告，10，（1979b）83-92.
- 4) 和歌山県農業試験場編：(総合助成試験中核研究成果)太陽熱利用による水田転換畑露地野菜の土壌病害防除技術確立．和歌山県農業試験場刊，和歌山市，（1985）pp1-147.
- 5) 家村浩海：太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除技術．農業技術，41(12)，（1986）pp529-532.
- 6) 片山勝之・皆川 望・三浦憲蔵：透明ポリフィルムの土壌表面被覆による太陽熱処理の雑草防除効果，中央農業総合研究センター研究報告，3，（2003）pp81-87
- 7) 中村靖弘・片瀬雅彦・久保周子：深層地中加温と太陽熱併用による土壌消毒法の確立第1報土壌消毒時の地温と消毒効果．千葉農総研報，3，（2004）pp113-120.
- 8) 下高敏彰・小川さつき・篠原陽子・菱池政志・渡邊亘・橋本知義・大場和彦：土壌の太陽熱消毒法の効果を示す陽熱負荷指数のモデル化，生物と気象，16巻，（2016）pp86-93
- 9) 白木己歳；臭化メチルに頼らないハウスの新しい太陽熱処理法，農文協，東京，（1999）pp1-135.
- 10) 越智直・櫛間義幸・井原啓貴・中川晃生・寺本敏・橋本知義，太陽熱土壌消毒による *Haematonectria ipomoeae* の密度低減効果，関東東山病害虫研究会報，第62集（2015）pp.9-12
- 11) 竹原 利明，國安 克人：nit 変異菌株を用いたフザリウム病の発生生態の解明Ⅱ. *Fusarium oxysporum* の nit 変異菌株の選択分離培地を用いた分離．日植病報，60（1994）pp705-701
- 12) 高野幸成・猪野 誠：サツマイモ育苗ハウスにおける太陽熱消毒及び土壌還元消毒による立枯病の防除効果．千葉農林総研研7，（2015）pp33-39
- 13) 西八束：鹿児島県にけるジャガイモそうか病の原因菌と防除に関する研究(博士論文要約，鹿児島大学連合農学研究科学位論文，（2014）pp1-4,
- 14) 國安克人・竹内昭士郎：熱水注入による土壌消毒のトマト萎ちょう病に対する防除効果．野菜試験報告A.14（1986）pp141-148
- 15) 橋本光司・渋川三郎：生物検定によるナス半身萎ちょう病菌の死滅温度，関東東山病害虫研究会年報第27集（1980）pp43-44
- 16) 鈴木良治・清水寛二・川田 和：太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除(4)変温処理による各土壌病原菌の有効死滅温度，関西病害虫研究会報，25号（1983）p49
- 17) 山崎睦子・矢野和孝・森田泰彰・竹内繁治：ショウガ疫病菌の発生生態と防除法，高知農技セ研報，21号，（2012-3）pp7-16
- 18) 塩見敏樹・竹内昭士郎：メロン毛根病菌の生存に関与する2,3の要因．日本植物病理学会報 第55巻 第1号，野菜茶試（1989）p104
- 19) 伊達寛敬・那須英夫・畑本 求：各種条件下においた青枯病菌の死滅温度と時間について．日本植物病理学会報 第55巻 第1号，（1989）p104
- 20) 清水寛二・鈴木良治・川田 和：太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除に関する研究(8)ダイコン萎黄病菌の死滅温度．日本植物病理学会報 第51巻 第

1号, (1985) p76

- 21) 谷名光治・桐野菜美子・末永寛子:高設栽培連用培地のイチゴ炭疽病防除における太陽熱消毒の目安 (2009)
- 22) 松尾祐輝・森一幸・坂本悠・渡邊亘・中尾敬: II-3-2 ジャガイモそうか病抵抗性検定試験. 長崎県, (2014) pp82-85
- 23) 久保周子・片瀬雅彦・清水喜一・加藤浩生・竹内妙子; トマト土壌病害虫に対する土壌還元消毒の効果. 千葉農総研報 3 (2004) pp95-104
- 24) 永尾亜珠沙・渡邊亘・尾崎哲郎・茶谷正孝・小川哲治・中尾敬: 畝立て陽熱消毒はジャガイモそうか病菌の死滅に有効な地温を確保できる. 平成 25 年長崎県成果情報, (2015)
- 25) 農林総合研究センター: サツマイモつる割病及び立枯病の太陽熱消毒による防除効果の解明. 試験研究成果普及情報, (2008)
- 26) 坂口荘一・豊村 順・松原徳行: 夏季, ほ場のビニール被覆によるジャガイモそうか病ならびに青枯病発生防止効果. 九州病害虫研究会報 Vol.28, (1982) pp34-36
- 27) 石松敏樹・岡本潤・後藤英世: 大分方式高設栽培における太陽熱消毒によるイチゴ萎黄病の防除対策. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(農業研究部編)第3号 (2013) pp9-18
- 28) 上原洋一・野々山芳夫: トマト青枯病の生態的防除法 (第 3 報)遮根化学繊維布の作土敷設と太陽熱消毒による防除. 土肥要旨集 第 34 集 (1988) p38
- 29) 小山田浩一・鈴木聡・和田悦郎・齋藤芳彦: 土壌還元消毒法のイチゴ萎黄病に対する防除効果. 関東東山病害虫研究会報 第 50 集, (2003) pp49-53
- 30) 田代暢哉・山本平三・松尾良満: ジャガイモそうか病の発病経過と灌水による防除. 九州病害虫研究会報 Vol.28 (1982) pp36-40