

Nit 変異菌株を利用したトマト根腐萎凋病の 生物的・物理的・耕種的防除手段の効果評価と防除対策

香口哲行・渡部佐知子・松浦昌平

キーワード：微生物資材, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, 根腐萎凋病, nit 変異, 太陽熱, トマト

広島県南部の沿岸島しょ部地帯では、施設を利用した野菜栽培が広く普及しているが、耕地が限られることや施設の移動が困難なことから、同一作目の連作を余儀なくされている。そのため土壌伝染性病害虫による連作障害が問題となっている。特に、冬春トマト産地では、トマト根腐萎凋病による連作障害が多発し生産上の大きな障害となっている。これまで、トマト根腐萎凋病などのフザリウム菌による土壌伝染性病害の軽減のためには、土壌くん蒸剤を主体とした防除体系がとられてきたが、その中でも使用頻度の高かった臭化メチルは2005年に全廃されることとなっており、代替となる防除技術の確立が急務となっている。

これまで、太陽熱消毒や非病原性フザリウム菌を利用した防除等多くの方法が検討されてきたが、これらは病原菌の汚染程度の高い圃場では防除効果の不足や、防除効果の持続性等に欠ける場合が多いとされる(渡辺, 1981)。

フザリウム病は、その発生が病原菌密度に依存しており、発生回避には密度抑制が極めて重要となる。竹原ら(1994a, 1994b)は、硝酸塩利用能欠損変異菌株(nit 変異菌株)を利用することで、土壌中フザリウム菌の動態解析に利用できることを示唆した。そこで、本報告では、トマト根腐萎凋病を対象に nit 変異菌株を誘導し、病原菌密度と被害の解析、各種防除手段の菌密度抑制効果や防除効果を直接評価し、圃場の汚染程度に応じた有効利用法を検討した。

材料および方法

1. nit 変異菌株利用によるトマト根腐萎凋病菌の動態

1) nit 変異菌株の作出

nit 変異菌株の作出は、竹原・國安(1994a)の方法による。

トマト根腐萎凋病菌(*Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* Jarvis et Shoemaker, Tf-373株(タキイ種苗株式会社分譲菌株)のPDA斜面培養菌糸切片をMMC培地に置床し26℃7日間培養後、培地上に菌糸の生育が認められた菌株をPDA培地に移植した。次に、硝酸塩利用能を確認するためにMM培地に置床し5日間培養後、気中菌糸がなく薄い菌叢を形成した株を nit 変異菌株とした。

2) nit 変異菌株の病原性検定

コーンミール寒天培地(CMA培地)による簡易検定：CMA平板培地(φ9cmシャーレ)の中央へ nit 変異菌株を接種し、その周囲へ次亜塩素酸で表面消毒したトマト‘ハウス桃太郎’の種子5粒を置床した。26℃暗黒下に5~7日置いて発芽させ、その後室温下(自然日長)で14日間培養し根部と胚軸部の褐変苗数を調査した。

小型ポットによる接種検定：φ5cmの小型ポリポットに野菜育苗培土(いきいき®：株式会社イヅカ、窒素：150mg/L, リン酸：2500mg/L, カリ：150mg/L)を詰め、トマト‘ハウス桃太郎’の種子をポット当たり4粒播種した。次に、nit 変異菌株のPDA平板培養菌叢(φ9cm)に1菌叢当たり殺菌水100mlを添加しホモジナイズした菌液をポット当たり20ml灌注し、25℃の温床に3日間保った後、ガラス温室で育苗した。接種2か月後に茎の地際部を切断し、以下の基準により維管束褐変程度を調査した。

褐変指数0：発病なし

- 1：維管束の一部が褐変
- 2：維管束の半分程度まで褐変
- 3：切断面のほとんど褐変腐敗
- 4：地上部が枯死

2. トマト根腐萎凋病における菌数と被害の解析

トマト根腐萎凋病菌の *nit* 変異菌株を、1% グルコース溶液を1:4 (v/w) の割合で添加後滅菌した野菜育苗培土に接種し3~4週間培養後、菌数をCGMBP培地(竹原ら, 1995)による塗沫平板法で計数し、0, 1, 10, 10², 10³, 10⁴, および5×10⁴CFU/g 乾土となるよう未使用の野菜育苗培土で希釈し、50ml 容プラスチックビーカーに充填した。トマト‘ハウス桃太郎’の種子をビーカー当たり5粒播種し、25℃の温床で3日保った後、ガラス温室(温度13℃以上に加温)で育苗した。38日間育苗後、トマト苗の根を洗い出し、以下の基準で根量を達観調査し、相対的根量を次式で求め、菌密度と根量の相関を求めた。

根量指数0:根が腐敗脱落する。

- 1:無処理区の根量の25%未満
- 2:無処理区の根量の25~50%未満
- 3:無処理区の根量の50~75%未満
- 4:無処理区の根量の75%以上

相対的根量 = Σ (根量指数 × 苗数) / (4 × 調査苗数) × 100

また、1999年に *nit* 変異菌を接種した農業技術センター(以下センター)内ハウスで、トマト‘ハウス桃太郎’を栽培し、菌密度と維管束褐変度の相関(1999年11月29日~2000年4月26日)および菌密度とトマト収量の相関(2000年11月10日~2001年6月19日)を求めた。

3. 微生物・有機質資材利用によるトマト根腐萎凋病の菌数抑制および発病抑制効果

1) *nit* 変異菌汚染土壌の作出

プランター: トマト根腐萎凋病菌の *nit* 変異菌株(Tf-373-NM-1)のPDA平板菌叢から分生胞子を収集し、1×10⁶個/mlに調整後、殺菌土壌(センター内畑土壌)を充填したプランター(25×80cm)に500ml 灌注、混和し汚染土壌とした。

センター内ハウス: 1% グルコース溶液を野菜育苗用培土に1:4 (v/w) の割合で添加後、オートクレーブ滅菌し、トマト根腐萎凋病菌の *nit* 変異菌株(Tf-373-NM-1)のPDA平板培養菌叢をホモジナイズした菌液を少量混和し、26℃で3~4週間培養して接種源土壌とした。

1999年11月22日(トマト定植1週間前)に、この接種源土壌(約1.8×10⁵CFU/g 乾土)をあらかじめクロルピクリンテープ剤(クロピクテープ[®], 三井化学株式会社, クロルピクリン55%)で土壤消毒(1999年11月12日~11月19日)したセンター内ビニルハウスの区画畦内(幅1m×長

さ1.25~2.5m)に0.5kg/m²および1kg/m²相当量混和し汚染圃場とした。

また、基肥としてやさい有機189(広島県製肥株式会社, 窒素:10%, リン酸:9%, カリ:8%)を150kg/m² (N-15kg/m²) 施用した。

2) 土壌中 *nit* 変異菌数調査

土壌中 *nit* 変異菌数調査は、一区当たり5か所の株間からボーラーで深さ10cm までの土壌を経時的に採取し、*nit* 変異菌株だけが生育できるCGMBP培地(竹原ら, 1995)を用いた塗沫平板法により菌数を計数した。また、総 *Fusarium* 菌の計数は、駒田培地による塗沫平板法を用いた。

3) 蛍光性シュードモナス属細菌含有セル成型育苗培土資材(HT-9601資材)のトマト根腐萎凋病抑制効果

1999年9月3日にHT-9601資材(多木化学株式会社, シュードモナスフルオレッセンスFPT-9601および同FPH-9601を1×10⁷CFU/g 含有)を200穴育苗トレーに充填後、トマト‘ハウス桃太郎’を播種しバーミキュライトで覆土した。25℃の温床に3日保った後、ガラス温室で育苗した。播種10日後に液肥(アクセル1号[®], 多木化学株式会社, 窒素:8%, リン酸3%, カリ3%)を灌注(500倍液, 500ml/トレー)し、10月13日に真砂土・パーク堆肥(1:1, v/v)を充填した15cm ポリポットに鉢上げしてIB化成肥料(くみあい尿素入りIB化成S1号[®], 日本化成株式会社, 窒素:10%, ク溶性リン酸:10%, ク溶性カリ:10%, ク溶性苦土:1%)をポット当たり3粒施用後育苗を続け、11月29日にセンター内ハウスの *nit* 変異菌汚染圃場に、12月22日にはガラス温室内のプランターに定植した。経時的に各区から土壌を採取し、CGMBP培地を用いた塗沫平板法により *nit* 変異菌株数を計数した。

また、以下の基準により経時的に発病程度を調査するとともに、栽培終了時に維管束褐変程度(前述1-1)、根部褐変程度を調査した。

発病指数0:健全

- 1:株の先端がわずかに萎れる
- 2:株の半分程度まで萎れ下葉がわずかに黄化する
- 3:株の2/3程度まで萎れ下葉が黄化する
- 4:地上部が枯死し欠株となる

根部褐変指数0:褐変なし

- 1:細根の一部が褐変
- 2:根の半分程度まで褐変
- 3:根のほとんど褐変、一部腐敗・脱落
- 4:根が完全に腐敗・脱落

4) 有機質資材によるトマト根腐萎凋病の抑制効果

nit 変異菌汚染圃場(発酵鶏ふん区以外の区にやさい有機189を窒素成分で15g/m²施用)において、発酵牛ふん(醗酵牛ふん[®], 志和堆肥供給センター): 2, 4 kg/m², 発酵鶏ふん(醗酵けいふん[®], 富田肥料株式会社, 窒素: 3.5~4.5%, リン酸: 6~7%, カリ: 3.5~4%): 0.3, 0.6kg/m², バーク堆肥: 2, 4 kg/m²を1999年11月22日に施用後, 11月29日にトマト‘ハウス桃太郎’を定植した。経時的に *nit* 変異菌数を CGMBP 培地による塗沫平板法で計数するとともに, 根腐萎凋病の発病推移を調査した。

2000年11月9日には, 発酵牛ふん 2 kg/m², 発酵鶏ふん 0.3kg/m², バーク堆肥 2 kg/m²を1999年と同一の区に連用後, 11月10日にトマト‘ハウス桃太郎’を定植し *nit* 変異菌数, 発病程度およびトマト果実収量を調査した。

5) 緑肥作物等の輪作とトマト根腐萎凋病の抑制効果

プランター試験: *nit* 変異菌胞子懸濁液を灌注後, 2000年2月15日~7月4日までトマトを栽培した。7月4日に地上部を刈り取り, 7月7日にやさい有機189をプランター当たり18g (80kg/10a 相当) 混和し, ギニアグラス(品種: ‘ソイルクリーン’, 播種量: 1 kg/10a 相当), ネギ(品種: ‘博多黒ネギ’, 播種量: 2 L/10a 相当)を播種した。11月1日(117日後)にギニアグラスおよびネギを収穫後, 生草重, 乾物重等を調査した。また, CGMBP 培地を用いた塗沫平板法により *nit* 変異菌数を計数した。

圃場試験: 1999年11月にトマト根腐萎凋病菌の *nit* 変異菌株を接種し, トマトを2作栽培(1999年11月~2000年6月, 2000年11月~2001年6月)したハウスにおいて, ギニアグラス(7月13日播種, 9月3日刈取り, 9月11日すき込み), ネギ(7月13日播種, 10月12日収穫)を栽培した。2001年11月19日にトマト‘ハウス桃太郎’を定植し, 経時的に CGMBP 培地を用いた塗沫平板法により *nit* 変異菌数を計数するとともに, 発病程度を調査した。

4. 土壌の熱処理によるトマト根腐萎凋病の抑制効果

1) 熱処理によるトマト根腐萎凋病菌の菌数抑制効果

1%グルコース溶液を土壌(センター圃場の土, 埴壤土)に1:4(v/w)で混和後滅菌し, トマト根腐萎凋病菌(Tf-373)のPDA平板培養菌叢をホモジナイズした菌液を少量接種し, 26℃で約2か月培養して汚染土壌とした。この汚染土壌を直径9cm×高さ8cmの蓋付きビーカーに充填し土壌水分がそれぞれ20%(軽く握って離すと崩れる程度), 25%(軽く握ると固まる程度), 32%(握ると水がしみ出す程度)となるよう調整し, 40および45℃

に設定した恒温水槽に保持し, 経時的に駒田培地による塗沫平板法によりトマト根腐萎凋病菌数を調査した。また, 対照として, 土壌水分24%で, 26℃の区を設けた。

また, 汚染土壌を直径9cm×高さ8cmの蓋付きビーカーに充填後, 粒状石灰窒素(電気化学工業株式会社, 窒素: 20%)を0, 50および100kg/10a 相当量添加し土壌水分が約25%となるように調整し, 40℃に設定した恒温水槽に保持, 経時的に駒田培地による塗沫平板法により菌数を調査した。なお, 各区2反復で実施した。

2) 簡易太陽熱処理によるトマト根腐萎凋病の抑制効果

トマト根腐萎凋病菌の *nit* 変異菌株(Tf-373-NM-1)接種後, トマトを栽培(1作目: ‘ハウス桃太郎’, 1999年11月29日~2000年4月26日, 2作目: ‘桃太郎8’, 2000年6月6日~8月3日, 3作目: ‘ハウス桃太郎’, 2000年11月10日~2001年6月18日)したセンター内ハウス(サイドビニルおよび出入り口開放)において, 2001年7月27日に圃場ヘジョウロで30mmかん水しビニルで畝面を覆った一重被覆区と, 畝面をビニル被覆後更にトンネル状(高さ約40cm)にビニルで覆った二重被覆区を設け, 太陽熱処理を8月27日まで31日間行った(簡易太陽熱処理)。また, 経時的に表層から10cmおよび10~20cmの土壌を採取し *nit* 変異菌数を調査した。

また, 被覆前に地表面直下へ鶏卵を地表から見えない程度に埋設し経時的に卵白の変性程度を調査した。

処理期間中の地温(深さ15cm)およびハウス内外の気温はチノー打点式自記温度計により記録した。

太陽熱処理後, 2001年11月19日にトマト‘ハウス桃太郎’を定植し, 経時的に CGMBP 培地を用いた塗沫平板法により *nit* 変異菌数を計数するとともに, 発病程度を調査した。

5. HT-9601資材によるトマト根腐萎凋病防除技術の現地実証

1998年9月7日にHT-9601資材を200穴育苗トレーに充填後, トマト‘ハウス桃太郎’を播種しバーミキュライトで覆土した。25℃の温床に3日間保った後, ガラス温室内で育苗した。播種10日後に液肥(アクセル1号[®])の500倍液を500ml/トレー灌注し, 10月8日には真砂土・バーク堆肥(1:1, v/v)を充填した15cmポリポットに鉢上げ後, IB化成肥料をポット当たり3粒施用し, ガラス温室内で育苗した。11月15日に豊田郡大崎町(現大崎上島町)の農家ハウスに定植した(株間30cm×条間140cm×畦長28m)。無処理区は, トマト‘ハウス桃太郎’を同年9月14日にセル成型育苗用培土(与作N-150[®], チ

ッソ旭肥料株式会社，窒素：150mg/L，リン酸：1000mg/L，カリ：150mg/L)を充填した200穴育苗トレーに播種し，10月7日鉢上げ（IB化成肥料3粒/ポット施用）後，農家ハウスに11月15日定植（株間30cm×条間140cm×畦長12m）した。対照薬剤としてクロルピクリンくん蒸剤（クロールピクリン®：日本化薬株式会社，クロルピクリン99.5%）を用い，10月29日（定植17日前）に22L/10a相当量を30cm間隔で注入してビニル被覆し，11月8日にビニルを除去した後定植まで放置した。11月15日に無処理区と同様に育苗したトマト‘ハウス桃太郎’苗を定植した（株間30cm×条間140cm×畦長8m）。

定植1か月後の1998年12月15日から1999年6月29日まで程度別発病株数を調査した。土壤中 *Fusarium* 菌数は，各区5か所の株間から土壌を深さ10cmまでボーラーで採取し，駒田培地による塗沫平板法により計数した。また，トマトの生育を把握するため，各区10株について経時的に葉数および果実数を調査した。

2000年には，大崎町農家ビニルハウスにおいてクロルピクリンくん蒸剤とHT-9601資材の組み合わせによる根腐萎凋病防除効果の実証を行った。トマト‘ハウス桃太郎’の育苗は，1998年と同様におこない，2000年9月4日にHT-9601資材に播種，10月5日鉢上げし11月2日までセンター内ガラス温室で管理した。無処理苗は，9月11日に育苗培土（与作N150®）へ播種し，10月10日鉢上げした。圃場の土壌消毒は，クロピクテブ®（三井化学株式会社，クロルピクリン55%）を用い，10月18日（定植15日前）に110m/10a（22L/10a相当量）を畝中央15cmに埋設処理してビニル被覆し，10月28日にビニルを除去した後定植まで放置した。11月2日に，HT-9601資材処理苗および無処理苗を，土壌消毒区および土壌消毒未実施区へ定植（株間30cm×条間140cm）した。定植前土壤中病原菌数は前述2の方法により菌数と相対的根量の相関から推定した。また，根腐萎凋病発病調査，生育調査等は1998年と同様の基準で経時的に実施した。

表1 CMA培地によるトマト根腐萎凋病菌 *nit* 変異菌株の病原性検定

<i>nit</i> 変異菌株 No.	発芽粒数	根部褐変苗数	胚軸褐変苗数	発芽率 (%)	発病苗率 (%)
Tf373-NL-1	3	0	3	60	100
Tf373-NL-2	5	2	3	100	100
Tf373-NL-3	5	0	5	100	100
Tf373-NL-4	5	0	5	100	100
Tf373-NL-5	5	3	2	100	100
Tf373-NL-6	5	0	0	100	0
Tf373-NL-7	3	2	0	60	67
Tf373-NL-8	4	0	0	80	0
Tf373-NL-9	5	0	5	100	100
Tf373-NL-10	5	0	5	100	100
Tf373-NL-11	5	0	5	100	100
Tf373-NL-13	5	0	5	100	100
Tf373-NM-1	5	0	5	100	100
Tf373-NM-3	5	0	5	100	100
Tf373-NM-4	5	0	5	100	100
Tf373-NM-5	5	0	5	100	100
Tf373-NM-8	4	0	4	80	100
Tf373-NM-9	5	1	4	100	100
Tf373-NS-1	5	4	1	100	100
Tf373-NS-2	5	0	4	100	80
Tf373(親株)	5	4	0	100	80
無接種	5	0	0	100	0

Tf373(親株)：トマト根腐萎凋病菌（タキイ種苗(株)分譲菌株）
供試平板数：1枚/菌株，播種：トマト(ハウス桃太郎)5粒/平板

表2 小型ポットによるトマト根腐萎凋病菌 *nit* 変異株の病原性検定

<i>nit</i> 変異 菌株 No.	維管束褐変程度別苗数					発芽率 (%)	発病苗 率(%)	発病度
	0	1	2	3	4			
TF373-NL-1	15	0	0	0	0	75	0	0
TF373-NL-2	0	5	5	3	3	80	100	56
TF373-NL-3	0	2	7	3	2	70	100	59
TF373-NL-4	0	2	5	3	6	80	100	70
TF373-NL-5	16	1	0	0	0	85	6	1
TF373-NL-6	16	0	0	0	1	85	6	6
TF373-NL-7	18	0	0	0	0	90	0	0
TF373-NL-8	19	0	0	0	0	95	0	0
TF373-NL-9	13	5	0	0	0	90	28	7
TF373-NL-10	0	0	5	1	7	65	100	79
TF373-NL-11	0	3	3	0	5	55	100	66
TF373-NL-13	2	5	2	1	5	75	87	53
TF373-NM-1	0	0	3	3	6	60	100	81
TF373-NM-3	8	9	1	0	0	90	56	15
TF373-NM-4	6	4	0	0	1	55	45	18
TF373-NM-5	1	4	3	1	1	50	90	43
TF373-NM-8	1	5	4	0	1	55	91	39
TF373-NM-9	5	6	4	1	1	85	71	31
TF373-NS-1	15	0	0	0	1	80	6	6
TF373-NS-2	3	2	2	1	2	50	70	43
TF373(親株)	15	1	0	0	0	80	6	2
無接種	17	0	0	0	0	85	0	0

TF373 (親株) : トマト根腐萎凋病菌 (タキイ種苗(株)分譲菌株)
 供試ポット数: 5ポット/菌株, 播種: トマト (ハウス桃太郎) 4粒/ポット
 維管束褐変指数0: 褐変なし
 1: 維管束の一部が褐変
 2: 維管束の半分程度まで褐変
 3: 地際部がほとんど褐変腐敗
 4: 枯死
 発病度 = Σ (維管束褐変指数 × 苗数) / (4 × 調査苗数) × 100

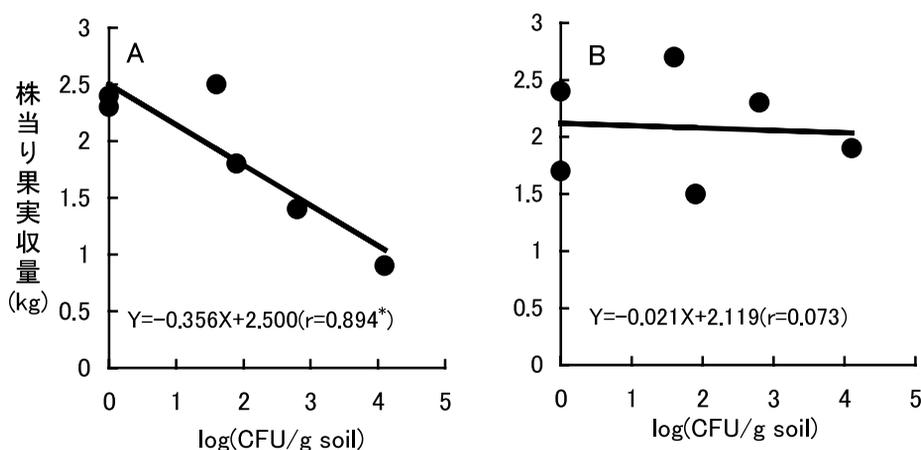


図1 定植時 *nit* 変異菌数とトマト収量の相関 (2000~2001, センター内ハウス)

A: 収量 (2-4月), B: 収量 (5-6月)
 トマト栽培: 2000年11月10日~2001年6月19日

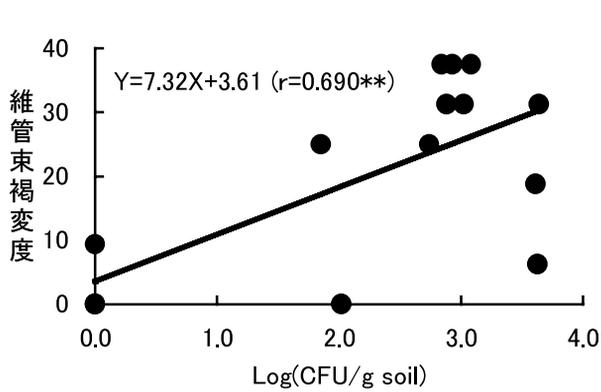


図2 *nit* 変異菌数とトマト地際部の維管束褐変度（2000年4月26日）の相関（2000，センター内ハウス）

トマト栽培：1999年11月29日～2000年4月26日

維管束褐変度 = $\sum (\text{褐変指数} \times \text{株数}) / (4 \times \text{調査株数}) \times 100$

褐変指数 0：発病なし

1：維管束の一部が褐変

2：維管束の半分程度まで褐変

3：切断面のほとんど褐変腐敗

4：地上部が枯死

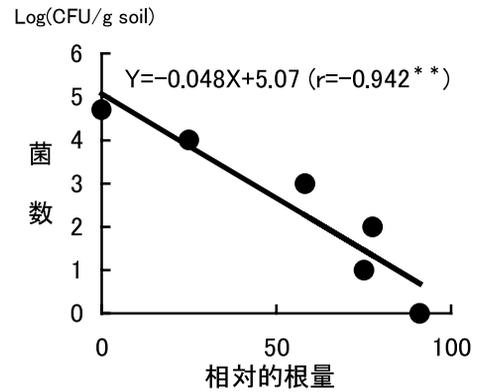


図3 土壤中トマト根腐萎凋病菌数とトマト苗の相対的根量の相関（2000）

相対的根量 = $\sum (\text{根量指数} \times \text{苗数}) / (4 \times \text{調査苗数}) \times 100$

根量指数 0：根が腐敗脱落する。

1：無処理区の根量の25%以下

2：無処理区の根量の25～50%

3：無処理区の根量の50～75%

4：無処理区の根量の75%以上



写真1 トマト根腐萎凋病菌の *nit* 変異菌数とトマト苗の根量

左から： 10^4 、 10^3 、 10^2 、 10^1 、0 CFU/g 乾土

結 果

1. *nit* 変異菌株の作出と強病原性株の選抜

トマト根腐萎凋病菌から *nit* 変異菌株は35菌糸片中20株（57.1%）で誘導された。CMA培地による病原性簡易検定で発病苗率100%となる株は16菌株であった（表1）。また、小型ポットによる病原性検定では、発病度0から81までと変動が大きかった（表2）。CMA培地による簡易検定および小型ポットによる接種試験の両検定で発病度の高かった Tt373-NM-1 株を強病原性菌株として選抜し、以下の試験に供試した。

2. トマト根腐萎凋病における菌数と被害の関係

nit 変異菌（Tt-373-NM-1）を接種したセンター内ハ

ウスにおける、菌数とトマトの生育の関係を解析した。定植時の *nit* 変異菌数とトマト収穫初期の果実収量の間には、負の相関が認められ、菌数が多くなるほど収量が減少する傾向が認められた（図1-A）。また、定植時の菌数と後期収量との相関は低く（図1-B）、定植時の菌数が検出限界（ 0.3×10^2 CFU/g 乾土）以下でも、栽培後期（定植3～4か月後）には発病が認められる場合があった。菌数と根部褐変程度間に有意な相関は認められなかったが（データ省略）、収穫時の *nit* 変異菌数と維管束褐変度の間には正の相関が認められた（図2）。

nit 変異菌株を接種した小型ビーカーにおけるトマトの生育は、*nit* 変異菌数が 1×10^4 CFU/g 乾土以上になると初期の出芽率が3～6%と極度に低下したが、播種2週間以上経過するとほぼ無処理と同等（90%程度）になった。また、 5×10^4 CFU/g 乾土では出芽後の生育が極め

表3 HT-9601資材によるトマト根腐萎凋病抑制効果 (1999~2000, プランター試験)

供試資材	発病度		維管束褐変度	根部褐変度
	3/29	4/6	4/6	4/6
HT-9601	18.8	25.0	43.8	21.9
無処理	28.1	31.3	50.0	62.5

1999年9月3日 HT-9601資材に‘ハウス桃太郎’を播種, 12月22日定植
 2000年4月6日栽培終了
 発病度 = Σ (発病指数 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100
 維管束褐変度 = Σ (導管褐変指数 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100
 根部褐変度 = Σ (根部褐変指数 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100

表4 HT-9601資材によるとマト根腐萎凋病菌の nit 変異菌数抑制効果と果実収量に及ぼす影響 (2000~2001, センター内ハウス)

供試資材	nit 変異菌数 ($\times 10^2$ CFU/g 乾土)		維管束 褐変度	果実収量 (kg/株)	
	定植時	栽培終了時		2~4月	5~6月
	HT-9601	52.6		8	37.5
無処理	120.7	16	45.8	0.9	1.9

2000年9月4日 HT-9601資材に‘ハウス桃太郎’をは種, 11月10日定植
 2001年6月19日栽培終了
 各区とも定植前に土壌ふすま培地で培養した nit 変異菌を $1\text{kg}/\text{m}^2$ 土壌混和
 維管束褐変度 = Σ (導管褐変指数 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100
 維管束褐変度は栽培終了時に調査した

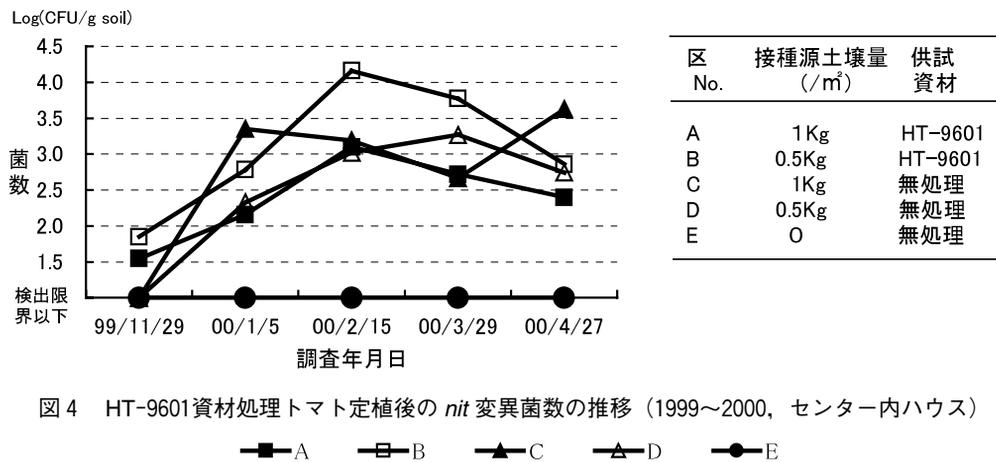


図4 HT-9601資材処理トマト定植後の nit 変異菌数の推移 (1999~2000, センター内ハウス)

で強く抑制されたが, 1×10^4 CFU/g 乾土以下では外観的な病徴や生育抑制は認められなかった。育苗38日後にトマトの根を洗浄後, 無処理区の根量に対する菌接種区の根量 (相対的根量) をみると, 相対的根量と菌数の間に負の相関 ($r = -0.942$) が認められた (図3, 写真1)。

3. 微生物・有機質資材利用によるトマト根腐萎凋病菌の菌数抑制および発病抑制効果

1) HT-9601資材による nit 変異菌数の動態と発病抑制効果

HT-9601資材処理トマトの定植による nit 変異菌数の

推移を見ると, 定植前の11月29日には資材処理苗を定植予定区は $0.3 \sim 0.8 \times 10^2$ CFU/g 乾土と菌が検出されたが, 対象の未処理苗定植区および nit 変異菌株無接種区では検出限界 (0.3×10^2 CFU/g 乾土) 以下であった。トマト定植2~3か月後には資材処理の有無に関わらず $10^3 \sim 10^4$ CFU/g 乾土で推移し, 資材処理苗定植による, 土壌中 nit 変異菌数の抑制は認められなかった (図4)。

nit 変異菌株を接種したガラス室内のプランター試験では, HT-9601資材処理によりトマト根腐萎凋病の発病度, 維管束褐変度および根部褐変度は無処理区に比べ低く抑えられた (表3)。センター内ハウスにおける試験で

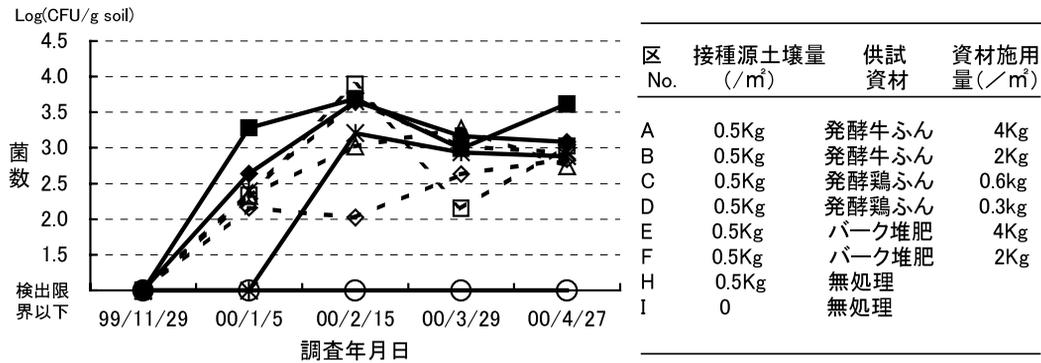


図5 有機質資材処理後の nit 変異菌数の推移 (1999~2000, センター内ハウス)

—■— A —□— B —*— C —*— D —◆— E —◇— F —▲— H —○— I

表5 有機質資材連用によるトマト根腐萎凋病菌の nit 変異菌数抑制効果と果実収量に及ぼす影響 (2000~2001, センター内ハウス)

供試資材	資材施用量	nit 変異菌数 (×10 ² CFU/g 乾土)		維管束 ^{a)} 褐変度	果実収量 (kg/株)	
		定植時	栽培終了時		2~4月	5~6月
発酵牛ふん	2kg/m ²	24.7	19.5	37.5	1.4	2.1
発酵鶏ふん	0.3kg/m ²	116.4	20.5	41.7	2.3	2.1
バーク堆肥	2kg/m ²	69.3	15.8	29.2	1.9	1.5
無処理	—	120.7	16.0	45.8	0.9	1.9

2000年11月10日 ‘ハウス桃太郎’ 定植, 2001年6月19日栽培終了
 各区とも定植前に土壌ふすま培地で培養した nit 変異菌を 1kg/m²土壌混和
 維管束褐変度 = Σ (導管褐変指数 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100
 a) 栽培終了時

表6 輪作作物の栽培がトマト根腐萎凋病菌の nit 変異菌数に及ぼす影響 (2000, センター内プランター)

試験区	nit 変異菌数 (×10 ² CFU/g 乾土)		
	輪作作物栽培前	輪作作物栽培後	トマト栽培後
ギニアグラス区	2.3	1.5	9.6
ネギ区	5.6	1.6	6.4
無処理区	3.5	1.7	11.7

輪作作物栽培: 2000年7月7日~11月1日
 トマト栽培: 2000年11月11日~2001年4月27日

は, 1999年度は少発生のため効果判定ができなかった(データ省略)。2000年の試験では, 栽培終了時における維管束褐変度にあまり差はなかったが, 収量は HT-9601資材区が2~1.5倍多かった(表4)。

2) 有機質資材施用による nit 変異菌数の動態と発病抑制効果

発酵牛ふん (2, 4 kg/m²), バーク堆肥 (2, 4 kg/m²), 発酵鶏ふん (0.3, 0.6kg/m²) の施用初年目では, 施用後の nit 変異菌数は, 定植直前の11月29日には, 検出限界以下であったが, 定植後の1月5日~4月27日には10³~10⁴CFU/g 乾土の範囲で推移した(図5)。発酵牛ふんを

表7 輪作作物の栽培がトマト根腐萎凋病の発病程度に及ぼす影響 (2000~2001, センター内プランター)

試験区	維管束褐変度	根部褐変度
ギニアグラス区	47.2	44.4
ネギ区	50.0	47.2
無処理区	70.8	54.2

輪作作物栽培(00/7/7~11/1)後トマトを栽培(00/11/11~01/4/27)後トマトを2000/11/11~2001/4/27まで栽培。
 2000年4月27日に維管束褐変度, 根部褐変度を調査した。
 維管束褐変度 = Σ (維管束褐変指数 0~4 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100
 根部褐変度 = Σ (根部褐変指数 0~4 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100

表8 輪作作物の栽培がトマト根腐萎凋病菌の nit 変異菌数に及ぼす影響 (2001, センター内ハウス)

試験区	nit 変異菌数 (×10 ² CFU/g 乾土)		
	2作目トマト栽培終了時	輪作作物栽培後	3作目トマト定植時
ギニアグラス区	16	1.5	27.7
ネギ区	17	3.1	16.2
無処理区	16	—	26.3

トマトを2作(1999年11月~2000年6月, 2000年11月~2001年6月)したハウスにおいて, ギニアグラス(2001年7月13日播種, 9月3日刈取り, 9月11日すき込み), ネギ(2001年7月13日播種, 10月12日収穫)を輪作した。トマト3作目は2001年11月19日に定植した。

表9 輪作作物の栽培がトマト根腐萎凋病の発病程度に及ぼす影響 (2001~2002, センター内ハウス)

試験区	発病株率 %			発病度	維管束褐変度	収量 (g/株)		
	'01/12/20	'02/1/27	'02/3/25			1段	2段	計
ギニアグラス区	0.0	6.7	0.0	0.0	53.0	341.0	509.4	850.4
ネギ区	5.6	22.2	38.9	22.2	59.7	287.5	449.7	737.2
無処理区	16.7	33.3	66.7	50.0	83.3	160.8	231.7	392.5

トマトを2作(1999年11月~2000年6月, 2000年11月~2001年6月)したハウスにおいて, ギニアグラス(7月13日播種, 9月3日刈取り, 9月11日すき込み), ネギ(7月13日播種, 10月12日収穫)を輪作した。トマト3作目は2001年11月19日に定植し, 2002年3月25日まで栽培した。2002年3月25日に発病度, 維管束褐変度を調査した。

発病度 = \sum (発病指数 0~4 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100

維管束褐変度 = \sum (維管束褐変指数 0~4 × 株数) / (4 × 調査株数) × 100

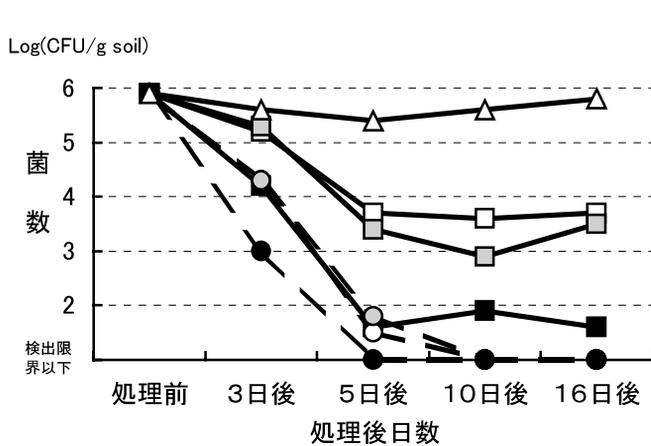


図6 熱処理温度および土壌水分とトマト根腐萎凋病菌数抑制効果

—□— 40°C20% —□— 40°C25% —■— 40°C32% —○— 45°C20%
—○— 45°C25% —●— 45°C32% —△— 26°C24%

4 kg/m²施用した区は, 無処理区に比べ菌数がやや多く推移する傾向が認められたが, その他の資材施用区では調査時期毎の変動が大きく, 菌数抑制効果は認められなかった。また, 発酵牛ふん(2 kg/m²), バーク堆肥(2 kg/m²), 発酵鶏ふん(300g/m²)を2年連用したが, 顕著な菌数抑制効果は認められなかった(表5)。

各資材の施用2年目におけるトマト根腐萎凋病の発病程度は, 無処理区に比べ同等かやや低い程度で, ほとんど発病抑制効果は認められなかった(表5)。しかし, トマトの収量は, 資材の施用によりやや高くなった。

3) 緑肥作物等の輪作による発病抑制効果と nit 変異菌数の動態

プランターによるモデル試験の結果, 輪作作物栽培後の nit 変異菌数は1.5~1.6×10³CFU/g 乾土で栽培前よりも減少したが, 無処理区も同様に減少しており, 明確な菌数抑制効果は認められなかった(表6)。また, その後のトマト栽培後には再び増加した(表6)が, トマト栽培終了時における維管束褐変度および根部褐変度は, 輪作作物栽培区の方が僅かに低い傾向が認められた(表

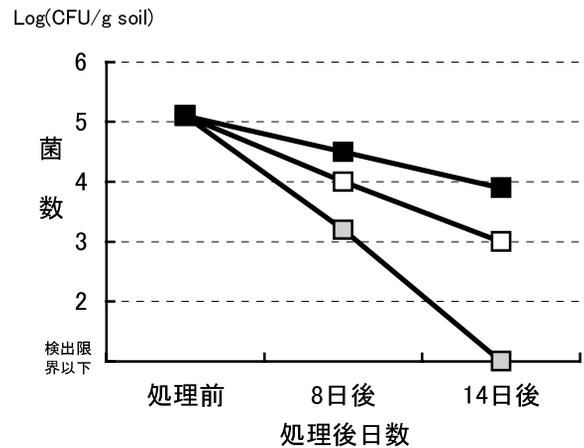


図7 熱処理(40°C)によるトマト根腐萎凋病菌数抑制におよぼす石灰窒素添加の効果

—□— 50Kg/10a —□— 100Kg/10a —■— 無添加

7)。

センター内ハウスにおける, トマト2作後に緑肥作物(ギニアグラス)を栽培した試験では, ギニアグラス栽培終了時の nit 変異菌数は, 2作目トマト終了時の約10分の1に抑制されたが, 圃場へすき込んだ後は増加し, 3作目トマト定植時には無処理区と変わらなくなった(表8)。ネギの輪作では, ネギ栽培後の菌数は約5分の1であったが, 3作目トマト定植時の菌数はやや少ない傾向が認められた(表8)。ギニアグラスやネギの輪作による顕著な菌数抑制効果は認められなかったが, 後作のトマト根腐萎凋病の発生はやや抑制される傾向が認められ, 収量が増加した(表9)。

4. 土壌の熱処理によるトマト根腐萎凋病菌数抑制効果

1) 処理温度および土壌水分と菌数抑制効果の関係

恒温処理が土壌中のトマト根腐萎凋病菌(Tf-373菌株)に及ぼす影響について調査した(図6)。温度40°Cでは土壌水分20および25%に比べ, 32%でもっとも菌数が減少したが, いずれも処理5日目以降は菌数の減少は認めら

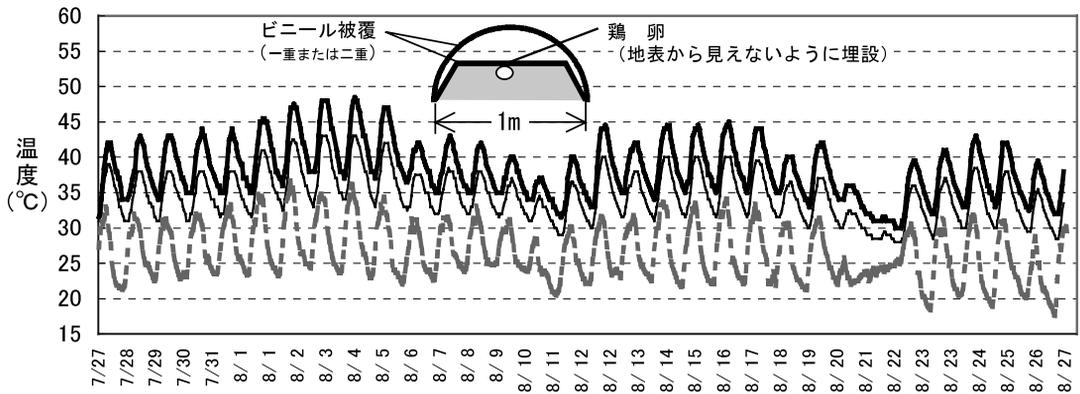


図8 簡易太陽熱処理による地温（深さ15cm）の推移（2001，センター以内ハウス）

—— 二重 —— 一重 - - - 気温

耕種概要：nit 変異トマト根腐萎凋病菌を土壤混和後トマトを3作（‘ハウス桃太郎2作’，‘桃太郎エイト1作’）栽培
 処理概要：施設内（サイドおよび出入り口開放）の幅1mの畦に30mm灌水後，畦面をビニルで一重または二重被覆

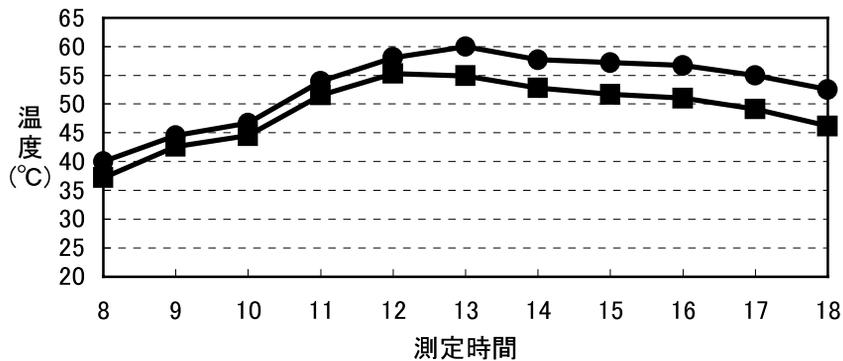


図9 簡易太陽熱処理による被覆直下の地表面温度推移（2001/8/3，センター内ハウス）

● 二重 ■ 一重，耕種概要，処理概要は図8に同じ

れなかった。一方，温度45℃の場合は土壌水分32%では5日後に，20および25%では10日後に検出限界以下となった。

また，菌数抑制効果は，土壤に石灰窒素を添加することで補完され，100kg/10a相当量添加で温度40℃でも処理14日後に検出限界以下となった（図7）。

2) 簡易太陽熱処理による菌数抑制効果およびトマト根腐萎凋病の発病抑制効果

nit 変異菌株を接種後，トマトを3作栽培したセンター内ハウスにおいて圃場に30mmかん水後，太陽熱処理を行った。二重被覆区では処理開始後10日間で深さ15cmの地温が45℃以上になる日が5日，40℃以上の日が10日認められた（図8）。一重被覆区では45℃を超える日はないが，40℃以上の日が処理期間31日の内9日認められた。

晴天日の8月3日における被覆直下の地表面温度は，二重被覆では最高60℃，一重被覆では最高55℃に達した（図9）。地表面直下に埋設した鶏卵の卵白は，二重被覆では処理3日後から乳濁が始まり，10日後には全体が白

く変性した。一重被覆では31日後に卵白が白く変性した（写真2）。

土壤中の nit 変異菌数は，二重被覆では10日後に，一重被覆では31日後に表層～深さ10cmで菌が検出限界以下となった（図10）。しかし，深さ10～20cmでは一重被覆，二重被覆とも31日後でも0.4×10²CFU/g乾土までしか減少しなかった（図10）。太陽熱消毒後トマトを定植（2001年11月18日）した後の深さ10cmまでの nit 変異菌数は，二重被覆では定植後2か月（1月28日）まで検出限界以下であったが，2002年4月3日には10²CFU/g乾土レベルまで回復していた。一重被覆では，トマト定植時には既に菌数の回復がみられ，トマト定植後漸増していった。深さ10～20cmにおける菌数の推移は二重被覆でも一重被覆と同程度の推移を示した。

簡易太陽熱消毒後，トマト‘ハウス桃太郎’を定植し根腐萎凋病の発病を調査したところ，二重被覆区では定植2か月後では発病がみられなかったが，4か月後には無処理区と同等の発病株率となった（表10）。一重被覆区

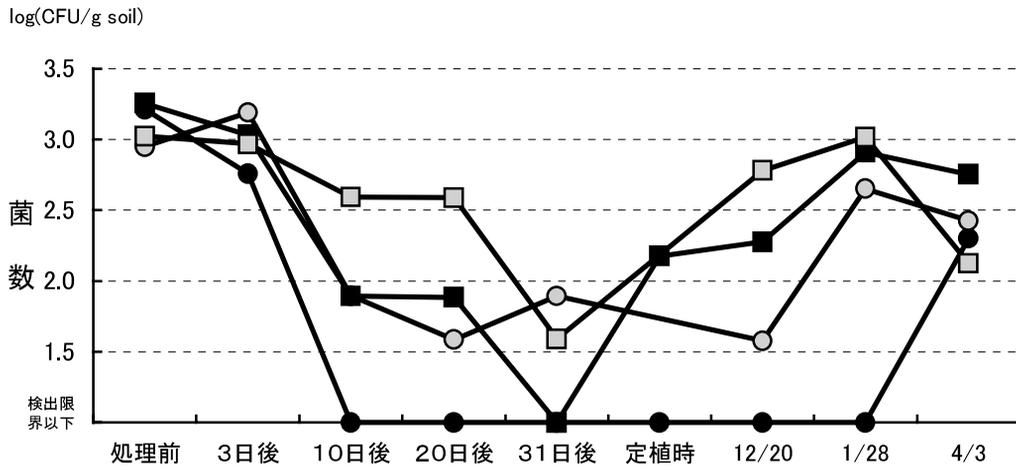


図10 簡易太陽熱処理による nit 変異菌数抑制効果 (2001~2002, センター内ハウス)

● 二重10cm ○ 二重20cm ■ 一重10cm □ 一重20cm

トマトを栽培3昨(1999年11月~2000年4月, 2000年6月~8月, 2000年11月~2001年6月)したハウスで, 太陽熱処理を2001年7月27日~8月27日まで実施し, トマトを2001年11月19日定植し2002年3月25日まで栽培。

表10 太陽熱処理によるトマト根腐萎凋病防除効果 (2001~2002, センター内ハウス)

試験区	発病株率 %			発病度	維管束 褐変度	収量 (g/株)		
	'01/12/20	'02/1/27	'02/3/25			1段	2段	計
二重被覆	0.0	0.0	33.3	16.6	62.5	289.2	381.7	670.8
一重被覆	0.0	66.7	66.7	62.5	87.5	222.5	260.0	482.5
無処理	8.3	16.7	33.3	25.0	75.0	245.8	445.0	690.8

トマトを栽培3昨(1999年11月~2000年4月, 2000年6月~8月, 2000年11月~2001年6月)したハウスで, 太陽熱処理を2001年7月27日~8月27日まで実施し, 2001年11月19日~2002年3月25日までトマト栽培。

2002年3月25日に発病度, 維管束褐変度を調査した。

発病度 = $\sum(\text{発病指数 } 0 \sim 4 \times \text{株数}) / (4 \times \text{調査株数}) \times 100$

維管束褐変度 = $\sum(\text{維管束褐変指数 } 0 \sim 4 \times \text{株数}) / (4 \times \text{調査株数}) \times 100$

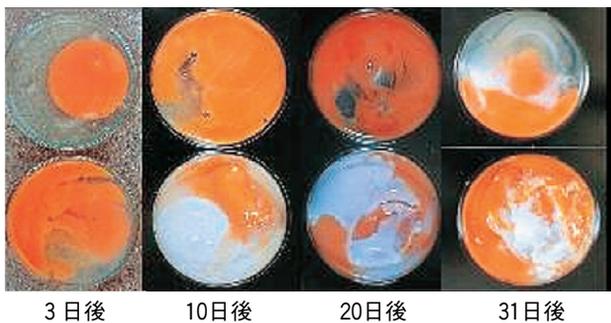


写真2 簡易太陽熱消毒期間と地表面直下に埋設した鶏卵の変性
上段: 一重被覆, 下段: 二重被覆

では定植2か月後に発病が認められ, 無処理区の4倍の発病株率となった。また, 発病度, 導管褐変度も二重被覆, 無処理区に比べ高く, 初期収量が減少した。

5. HT-9601資材によるトマト根腐萎凋病防除技術の現地実証

1998~1999年に大崎町の現地農家で行ったHT-9601資材によるトマト根腐萎凋病防除効果試験では, 初発は何れの区も定植1か月後の12月15日に認められた。無処理区ではその後発病株率が急増し, 1月下旬には40%近くに達しそのまま収穫終了まで経過した(図11)。クロロピクリン区は, 2月中旬までは無処理区よりも低く推移したが, 3月下旬には無処理と同等となった。一方, HT-9601資材区は同様に初発は認められたものの, その後の発病株率の増加はわずかであり, 最終的に16%であった。収穫終了後の地際部の維管束褐変度および根部褐変度は, 無処理区, クロロピクリン区に比べHT-9601資材区は低く抑えられていた(データ省略)。

土壤中 *Fusarium* 菌数は, クロロピクリン区では定植前に 10^2 CFU/g乾土レベルまで減少したが, 定植後徐々に回復し2~3か月後には無処理区と同等となり, 発病

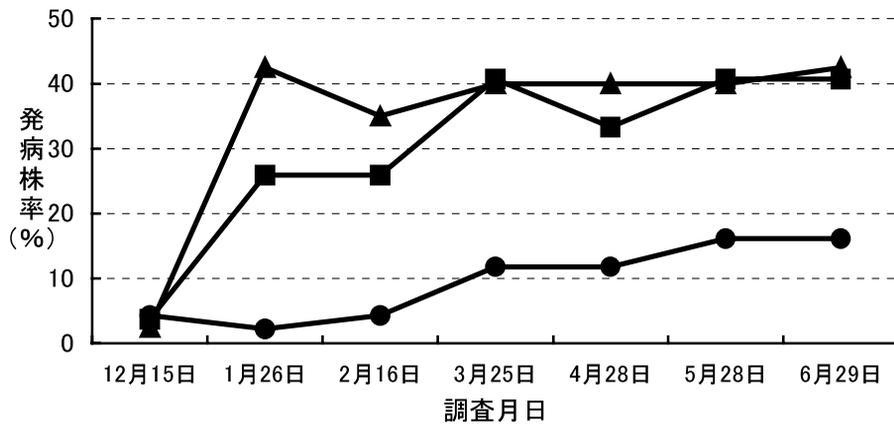


図11 HT-9601資材によるトマト根腐萎凋病発病株率の推移 (1998~1999, 大崎町)

■ クロピク液 ▲ 無処理 ● HT-9601

HT-9601：資材処理したハウス桃太郎を1998年11月15日に定植
 クロピク液：ククロピクリン液剤 22L/10a 土壌灌注 (10/29), 10日間被覆

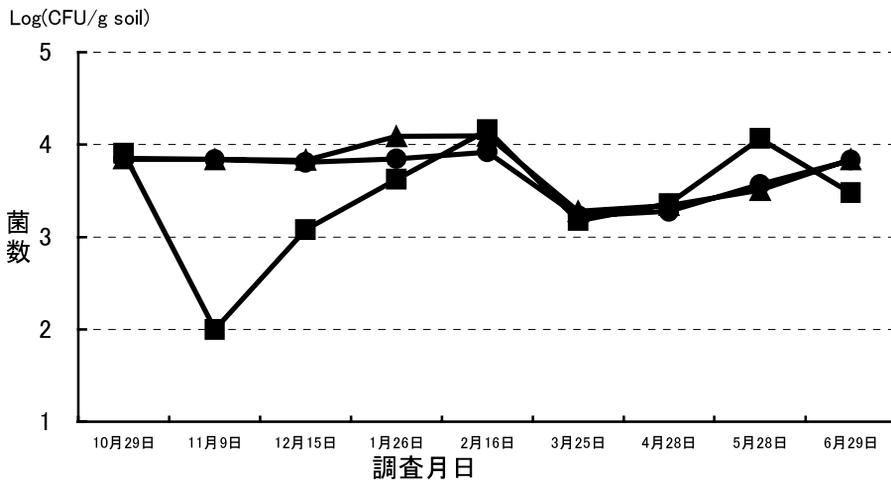


図12 HT-9601資材によるトマト定植後の土壌中フザリウム菌数の推移 (1998~1999, 大崎町)

■ クロピク液 ● HT-9601 ▲ 無処理

HT-9601：資材処理したハウス桃太郎を1998年11月15日に定植
 クロピク液：ククロピクリン液剤 22L/10a 土壌灌注 (10/29), 10日間被覆

株率の増加とほぼ一致していた(図12)。HT-9601資材区では、フザリウム菌の推移は無処理区と同様であり、本資材による土壌中 *Fusarium* 菌数の抑制効果は認められなかった。

HT-9601資材処理により育苗中にトマト苗の草丈抑制が認められたが、葉数には差がなかった。定植後も葉数はHT-9601処理区と無処理区で差が認められず、初期の草丈抑制は定植後には回復した。1株当りの収穫果数は発病の少なかったHT-9601資材区が他に比べ多かった(図13)。

2000年度は、現地圃場(推定菌数 $0.3 \sim 1.5 \times 10^2$ CFU/g 乾土)において、HT-9601資材とククロピクリン土壌消毒

の組み合わせ区と、各単独処理区を設け、トマト‘ハウス桃太郎’を栽培した。トマト根腐萎凋病の発生は小発生ではあったが、単独処理区ではいずれも無処理区より多い発生となった(表11)。一方、組み合わせ区では、初発は早かったものの、その後の発病推移は無処理区、単独処理区に比べ低く推移した。

考 察

フザリウム病害では土壌中の菌数把握のために多くは駒田培地が用いられてきた。しかし、駒田培地では病原性菌と非病原性菌の区別ができない欠点がある。竹原ら

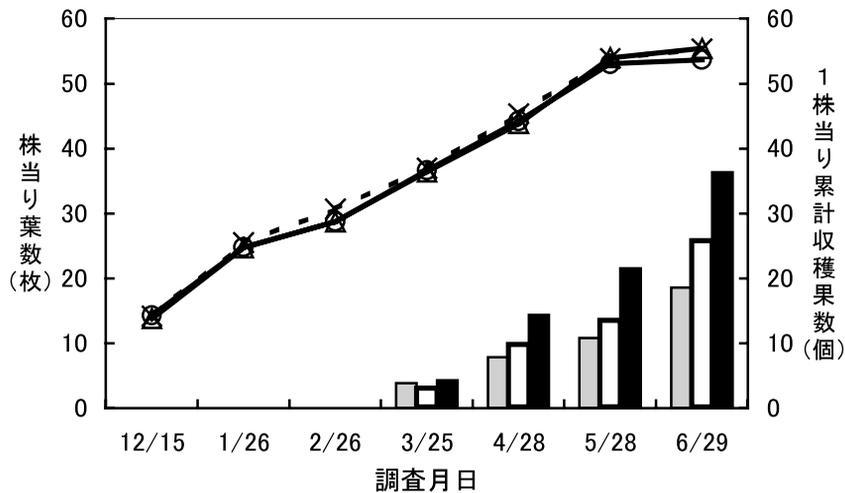


図13 HT-9601資材処理トマト苗の1株当り葉数および収穫果数の推移 (1998~1999, 大崎町)

無処理(果実)
 クロピク液(果実)
 HT-9601(果実)
 無処理(葉数)
 クロピク液(葉数)
 HT-9601(葉数)
 HT-9601: 資材処理したハウス桃太郎を1998年11月15日に定植
 クロピク液: クロロピクリン液剤 22L/10a 土壌灌注 (10/29), 10日間被覆

表11 微生物資材 (HT-9601) と土壤消毒 (クロピクテープ剤) の組み合わせによるトマト根腐萎凋病防除効果 (2000~2001, 大崎町)

処理区	定植前病原菌密度 (推定値 ^{a)} CFU/g 乾土)	発病株率 (%)		
		'00/12/18	'01/3/23	'01/7/17
HT-9601 ^{b)} +CP ^{c)}	0.3×10 ²	1.0	3.3	6.5
HT-9601	1.5×10 ²	3.0	21.5	23.1
CP	0.3×10 ²	0.0	6.9	24.1
無処理	1.5×10 ²	0.0	6.7	16.1

a) 相対的根量より推定

b) HT-9601: HT-9601資材処理した‘ハウス桃太郎’を2000年11月2日に定植

c) CP: クロピクテープ剤 (クロロピクリン22L/10a), 2000年10月18日処理, 10/28被覆除去

(1994a, 1994b) は, *nit* 変異菌株を利用することで, 土壤中フザリウム菌の動態解析に利用できることを示唆した。本試験では, トマト根腐萎凋病を対象に *nit* 変異菌株を誘導し, 病原菌密度と被害の解析, 各種防除手段の菌密度抑制効果や防除効果の評価を試みた。

nit 変異菌数と収穫時の維管束褐変の間には正の (図2), 収穫初期の果実収量との間には負の相関が認められた (図1)。促成栽培トマトは, 栽培期間が長期に及ぶため, 初期の菌数が少ない場合でも維管束褐変度が大きくなる場合が認められた (表10, 図9)。現地圃場における病原菌数は, 土壌を小型プラスチックビーカーに充填し, トマト種子を播種し, 約1か月栽培して, 相対的根量を調査すれば病原菌数のおおよその推定ができると考えられた (図3)。しかし, 初期の菌数が低くても, 収量へ及ぼす影響は大きいいため, 少しでも根量が抑制されるよう

であれば, できるだけ菌数を低減する対策をとることが必要である。

HT-9601資材は, トマト青枯病の生物農薬として2000年に登録された資材である。本資材による発病抑制は, トマト根内に定着した蛍光性シュードモナス菌が抗菌作用を示すため青枯病菌の侵入を阻害していると考えられている (相野ら, 1993, 1997)。また, 本資材は, 糸状菌に対して抗菌性を有するシュードモナスフルオレッセンス菌株を含有することから, トマト根腐萎凋病に対しても防除効果を発揮することが示唆された。プランター試験 (表3) やセンター内ハウスでの試験 (表4) では, 発病度や維管束褐変度が低く抑えられ, 収穫初期収量も多くなる傾向が認められた。1999年の現地試験においては, HT-9601資材によりトマト根腐萎凋病の発病が強く抑制された (図11)。HT-9601資材による直接的な土壤中

Fusarium 菌数 (図12) や *nit* 変異菌数の抑制 (表4, 図4) は見られなかったことから, 本資材による発病抑制は, トマト根内に定着した蛍光性シュードモナス菌による抗菌作用のため, 根腐萎凋病菌が侵入できなかったためと考えられた。HT-9601資材処理により育苗中の草丈の抑制が認められたが葉数には差がなく, 定植後も葉数はHT-9601資材区と無処理区とは差が認められなかった (図13)。さらに, 1株当りの収穫果数は発病の少なかったHT-9601資材区が他に比べて多く, 本資材は根腐萎凋病の被害回避に有効な資材であるといえる。

2000年の試験では, HT-9601資材やクロロピクリン土壌消毒による発病抑制効果は認められなかった (表11)。無処理区においても少発生であったため, 効果の判定は難しいが, クロロピクリン剤により初期の菌数を抑制し, HT-9601資材を併用した区で最終的に発病率が最も低く抑制された。2000年の定植前の土壌をピーカーに充填しトマトを播種した時の相対的根量から推定した病原菌数は 1.5×10^2 CFU/g 乾土であることから, トマト根腐萎凋病では, 少しでも病原菌が存在すれば, 栽培初期から総合的な防除手段を講じる必要があると考える。

松田 (1981) は, 有機物施用や輪作と土壌病害の関係について, 作物と病害の組み合わせによって抑制的に作用する場合と助長する場合があります, 生態的防除のためには長年月が必要であると指摘している。

本試験において有機質資材施用が *nit* 変異菌数に及ぼす影響を見ると, 施用1か月後に, 発酵牛ふん区でやや菌数が多く経過するなど, 栽培期間を通して資材による顕著な菌数抑制効果は認められなかった (図5)。連用2年目には, 根腐萎凋病の抑制効果はほとんど認められないものの, 収穫初期 (2~4月) の果実収量はやや多い傾向が認められ (表5), 有機物施用により土壌物理性の改善や微生物相の富化等により, わずかながら初期被害回避が図られたものと考えられた。

トマト根腐萎凋病菌の非宿主である緑肥作物 (ギニアグラス) やネギの輪作による *nit* 変異菌数の顕著な抑制効果は認められなかったが (表6, 表7), 後作のトマト根腐萎凋病の発生はやや抑制される傾向が見られた (表8, 表9)。有機質資材と同様に, 土壌改良効果を図る上でも, 毎年継続して導入することが必要であろう。抵抗性台木 ('影武者', 'がんばる根') も非宿主植物と考えられるが, *nit* 変異菌数の顕著な抑制は認められなかった (データ省略)。しかし, 台木の利用は現在のところトマト根腐萎凋病の抑制効果が高く, 有効な被害回避の手段と考える。

鈴木ら (1983) は, 熱処理温度と菌の死滅時間に関し

て, ホウレンソウ萎凋病菌やキュウリつる割病菌は, 恒温処理では45℃, 48時間で死滅するが40℃では15日間で死滅せず, 47℃ (3.5時間) と30℃の変温処理では30日でも死滅しなかったとしている。また, 児玉・福井 (1982) は, 露地型太陽熱処理によりイチゴ萎黄病の防除が可能であることを示した。本試験でもほぼ同様に恒温熱処理では地温45℃で5日 (図6), 圃場に30mm かん水後ビニル2重被覆による太陽熱消毒 (簡易太陽熱消毒) では, 地温が45℃以上になった深さ10cm までの土壌で処理10日後に菌が検出されなくなり (図9), トマト根腐萎凋病も抑制される傾向が認められた (表10)。鳥しょ部地帯のように水の確保や, 湛水処理が困難な地域でも, 簡易太陽熱消毒は, トマト根腐萎凋病の防除手段として利用できると考えられた。また, 土壌消毒効果は, 鶏卵を利用した簡易モニタリング (写真2) により判断することができ, 卵白の変成程度が不十分な場合は, 被覆期間を延長するなどの対策を講じる必要がある。

本試験では, トマト根腐萎凋病の *nit* 変異菌株を利用し, 各種防除手段の菌密度抑制効果や防除効果を直接評価し, 圃場の汚染程度に応じた利用法を検討しようとした。しかし, 促成トマトのように長期にわたる栽培では, 定植時の病原菌数が極く僅かであっても, 栽培期間中に病原菌が増殖し, 最終的には栽培初期から高密度の病原菌で汚染されていた圃場と発病程度が大差なくなる場合があった。したがって, 定植前に少しでも病原菌の存在が認められるようであれば, 太陽熱消毒等で菌数を抑制し, 初期の被害回避を図る必要があるといえる。土壌消毒による菌数抑制効果は2ヶ月程度であるので, その後の被害回避のためにはHT-9601資材の併用や抵抗性台木・品種の利用が有効であろう。トマト根腐萎凋病は, 4月以降は地温の上昇とともに病勢が衰えるため, 2~3月ころまで病勢を抑えることが促成栽培では重要なポイントといえる。本試験では, 緑肥作物の輪作および有機質資材施用による顕著な菌数抑制効果は見られなかったが, 根腐萎凋病の発病がやや抑制される傾向が伺えた。長期間の連用による土壌改善効果や発病抑制効果等更に検討が必要と考えられる。

摘 要

1. トマト根腐萎凋病菌株において, *nit* 変異菌は35菌糸片中20株 (57.1%) で誘導され, Tf373-NM-1株を強病原性菌株として選抜・供試した。
2. HT-9601資材を200穴育苗トレーに充填し, トマト 'ハウス桃太郎' を播種・育苗後, 圃場に定植した

ところ、トマト根腐萎凋病の *nit* 変異菌数の抑制は認められなかったが、発病抑制効果は認められた。

3. 発酵牛ふん (2~4 kg/m²)、発酵鶏ふん (0.3~0.6 kg/m²)、バーク堆肥 (2~4 kg/m²) を2年連用したが、顕著な菌数抑制効果は認められなかった。緑肥作物のギニアグラスやネギの輪作による顕著な菌数抑制効果は認められなかったが、根腐萎凋病に対してわずかに発病抑制効果が認められた。
4. トマト根腐萎凋病菌は、熱処理により温度45℃の場合は土壌水分32%で5日後、20~25%で10日後に検出限界以下となった。土壌に石灰窒素を添加(100kg/10a相当)すると、温度40℃でも処理14日後に検出限界以下となった。
5. *nit* 変異菌接種後、トマトを3作した圃場において、30mm相当量のかん水後、一重および二重ビニル被覆による簡易太陽熱処理を検討した。二重被覆は処理10日後に、一重被覆では同31日後に、表層~10cmまで *nit* 変異菌数が検出限界以下となった。
6. 地表面下に埋設した鶏卵卵白の変性程度と *nit* 変異菌数の減少消長が一致し、卵白変性を太陽熱処理効果判断の目安として利用できると考えられた。
7. 現地圃場 (菌数0.3~1.5×10²CFU/g乾土)において、HT-9601資材とクロルピクリン土壌消毒の組み合わせ区と、各単独処理区を設け、トマト‘ハウス桃太郎’を栽培した。その結果、単独処理区はいずれも無処理区よりも発病株率が増加したが、組み合わせ区では無処理区よりも発病株率が低下した。

謝 辞

本試験の実施には、(旧)安芸津地域農業改良普及センター、大崎上島農業協同組合(現ひろしまゆたか農協)および現地農家のご協力を頂いた。また、タキイ種苗株

式会社からはトマト根腐萎凋病菌を分譲していただいた。記してお礼申し上げます。

引用文献

- 相野公孝・土屋健一・河本征臣・吉倉惇一郎. 1993. トマト青枯病に対する拮抗菌 *Pseudomonas putida* FP-16株のトマト根への定着性. 土と微生物41:25-29.
- 相野公孝・前川義雄・前川和正・眞山滋志. 1997. 拮抗菌資材 HT-9601のトマト青枯病に対する発病抑制効果. 日植病報63:253.
- 小玉孝司・福井俊男. 1982. イチゴ萎黄病に対する露地型太陽熱土壌消毒法の適用. 日植病報48:699-701.
- 松田明. 1981. 土壌伝染病の生態的防除手段としての輪作と有機物施用. 植物防疫35:108-114.
- 鈴木良治・清水寛二・川田和. 1983. 太陽熱利用による露地野菜の土壌病害防除(4)変温処理による各種土壌病原菌の有効死滅温度. 関西病虫研報29:49.
- 竹原利明・國安克人. 1994a. *nit* 変異菌株を用いたフザリウム病の発生生体の解明 I. *Fusarium oxysporum* の各分化型の *nit* 変異菌株の作成. 日植病報60:699-704.
- 竹原利明・國安克人. 1994b. *nit* 変異菌株を用いたフザリウム病の発生生体の解明 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60:705-710.
- 竹原利明・萩原廣・國安克人. 1995. *Fusarium oxysporum* の *nit* 変異菌株と野生株の土壌からの分離定量法. 日植病報61:606.
- 渡辺文吉. 1981. 土壌伝染病研究のこの20年—糸状菌病. 植物防疫35:99-103.

Nitrate-nonutilizing Mutants as Measures of Biological, Physical and Culture Control Efficacies on Tomato Crown and Root Rot caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* JARVIS et SHOEMAKER

Tetsuyuki KOHGUCHI, Sachiko WATANABE and Shouhei MATSUURA

Summary

A nitrate-nonutilizing mutant isolate (Tf-373-NM-1) of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* that caused crown and root rot disease in tomatoes was induced and used as the virulent strain in the following examinations.

Tomatoes (cv. Hausu-momotaro) were cultivated in 200-hole nursery trays loaded with microbial HT-9601 and transplanted to a field inoculated with Tf-373-NM-1. Some control effects on tomato crown and root rot of tomatoes were observed but there was no suppression of Tf-373-NM-1 in the soil.

Two-year applications of cattle feces (2-4 kg/m²), chicken manure (0.3-0.6 kg/m²), and bark compost (2-4 kg/m²) did not markedly suppress Tf-373-NM-1. Although rotational cropping of Guinea grass or spring onion did not suppress Tf-373-NM-1 in the soil, tomato crown and root rot disease slightly decreased.

The pathogen of tomato crown and root rot disease fell to a non-detectable level after heat-treatment (45°C) for ten days when soil moisture was 20-25%, and after five days when it was 32%. The pathogen reached the non-detectable level within 14 days, even at 40°C, after a soil application of calcium cyanamide (100 kg/10 a).

Tomatoes were cropped three times in the experimental field inoculated with Tf-373-NM-1. Disinfection of the soil by solar heating was examined after the soil was sprinkled with water (30 mm) and coated with a single or double layer of vinyl film. No Tf-373-MN-1 was detected in the soil (10 cm below the surface) for ten days with the double coating and with a single coating for 31 days.

Albumen degradation of eggs buried underground paralleled Tf-373-NM-1 disappearance. This albumen degradation trend provides an indication of the completeness of solar heating.

The diseased plant ratio was decreased by combined treatment of the soil with HT-9601 and chloropicrin, but not by the treatment with HT-9601 or chloropicrin alone.

Key Words : microbial material, *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, Crown and root rot, nit-mutant, solar heating soil disinfection, Tomato