

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

高野幸成・猪野 誠

キーワード：サツマイモ、立枯病、太陽熱消毒、土壌還元消毒、簡易検定法

I 緒 言

サツマイモ立枯病（以下、立枯病とする）は、放線菌の一種である *Streptomyces ipomoeae* による土壌伝染性の病害で、サツマイモ産地における主要病害の一つである。本病の被害を受けたサツマイモは、根及び地中に植付けられた茎が褐変・腐敗し、進行すると枯死に至る。これまで、千葉県における立枯病の被害は、苗を植付けた後の本圃で問題となっていたが、2006年に苗を増殖する育苗ハウスでもその被害が初めて確認された。育苗時の発病は苗増殖の阻害要因となり、植付け苗を確保できない状況を招くため、早急な対策が必要であった。

本県では、1989年にウイルスフリー苗の利用が始まり品質・収量性の向上による産地振興に大きく貢献したが、立枯病に強い主力品種の「ベニアズマ」では、ウイルスフリー化処理による品種抵抗性の低下が確認されている（高野ら、2006）。また、ウイルスフリー苗を用いたサツマイモの育苗は、従来の種いも育苗に比べて育苗期間が長く、育苗床も多く必要である。このため、育苗床は特定のハウスを連年使用することが多く、育苗が始まる1月頃から立枯病の発病適温に近い高温で管理されている。このような育苗管理において、作業機械などにより立枯病の汚染土壌が育苗床に持ち込まれると、土壌中の菌密度が高まりやすいたことが推察され、従来の育苗方法に比べて立枯病が発病しやすくなったと考えられる。

立枯病の防除には、クロルピクリン剤による土壌消毒が有効であるが、周辺環境への影響や作業者の安全性の面から太陽熱消毒や土壌還元消毒といった代替技術の確立が求められた。しかし、立枯病に対する両消毒法の知見はなく、その防除効果は不明であった。一方、サツマイモの育苗時には立枯病と同じ土壌伝染性の病害であるつる割病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *batatas*) の発生もあり、その防除対策と

して、夏季の太陽熱消毒による有効性が示されている（高野・猪野、2007）。また、同じいも類の放線菌病であるジャガイモそうか病 (*Streptomyces* spp.) では、太陽熱消毒による防除効果が報告されている（山内・伊藤、1984；尾松・池澤、2004）。さらに土壌還元消毒とは異なるが、水田土壌に有機物（麦稈）を施用後、湛水して土壌を還元状態とする手法を用いた防除効果も報告されている（仲川ら、2006）。これらの知見から、太陽熱消毒及び土壌還元消毒は立枯病に対しても有効である可能性が考えられた。

そこで、立枯病の簡易検定法（高野ら、2006）を応用したポット試験と現地試験によって、両消毒法による立枯病の防除効果と処理条件を明らかにしたので報告する。

本研究を実施するに当たり、千葉県印旛農林振興センター（現印旛農業事務所）並びに成田市の農家の皆様には、現地試験にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

II 材料及び方法

1. 立枯病の土壌汚染程度の検定方法

立枯病の防除効果の判定には、本病に対する抵抗性の簡易検定法（高野ら、2006）を応用した。その方法は、検定土壌を275mLのスチロールカップに詰め、感受性品種「パープルスイートロード」の小苗を植付けた後、水温30°Cの土壌恒温槽に設置し、地温30°C、含水率30%の土壌条件で3週間処理後、発病程度を調査するものである。発病調査は、高野ら（2006）の方法に従い、根の褐変程度について、発病指数0～5（0：褐変なし、1：褐変割合20%以下、2：同21～40%、3：同41～60%、4：同61～80%、5：81%以上が褐変）の6段階、茎の褐変程度について、発病指数0～5（0：褐変なし、1：褐変割合5%以下、2：同6～10%、3：同11～25%、4：同26～50%、5：51%以上が褐変または枯死）の6段階で評価した。それぞれの発病度は次式から算出した。

根または茎の発病度 = $(\sum (\text{発病指数} \times \text{株数}) / (5 \times \text{調査株数})) \times 100$

また、発病程度を全体的に評価する指標を総合発病度として次式より算出した。

受理日 2014年7月15日

本報の一部は、第55回関東東山病害虫研究会（2008年2月、群馬県前橋市）において発表した。

総合発病度＝（根の発病度×0.2）＋（茎の発病度×0.8）
 [範囲：0～100]

この発病調査の結果から土壌の汚染程度を検定し、防除効果を判定した。

2. ポット試験

(1) 太陽熱消毒を想定した熱処理試験

太陽熱消毒による防除効果と有効な処理条件を明らかにするため、2008年に立枯病の汚染土壌を用い、処理温度及び処理時間を変えて太陽熱消毒を想定したポット熱処理試験を実施した。汚染土壌には、佐原市（現香取市）の現地露地圃場から採取した立枯病多発土壌を供試した。試験は2回行い、試験Aでは汚染土壌の50℃・24時間、同48時間、55℃・6時間、同12時間の熱処理とし、これに無処理区を加えた5試験区とした。試験Bでは汚染土壌の50℃・192時間、同240時間の熱処理とし、無処理区を加えた3試験区とした。両試験とも1区5ポットで行った。

熱処理の方法は、両試験とも簡易検定法に用いるスチロールカップに汚染土壌を詰め、含水率を43%に調整し、ポリ塩化ビニリデン製ラップで密閉した後、土壌恒温槽を用いて各条件の温度及び時間を処理する手法とした。熱処理終了後は、ポリ塩化ビニリデン製ラップを除去し常温に冷ましてから、前述の簡易検定法により防除効果を判定した。簡易検定の処理期間は、試験Aが2008年1月11日から2月1日、試験Bが同年3月17日から4月7日である。検定株数は両試験とも1区5株である。

(2) 土壌還元消毒を想定したポット土壌還元処理試験

土壌還元消毒による防除効果と有効な処理条件を明らかにするため、2008年に前記試験と同様の立枯病の汚染土壌を用い、処理温度及び処理時間を変えて土壌還元消毒を想定

したポット土壌還元処理試験を実施した。試験区は、米ぬかを汚染土壌に混和し、40℃・240時間及び45℃・240時間の熱処理による土壌還元処理の2区、これに米ぬか混和なしで同温度と同時間とした熱処理のみの2区と無処理区を加え、計5試験区とした。混和した米ぬかは、10a当たり1t施用し深さ20cmで耕起した際に相当する量とした。試験は1区5ポットで行った。

熱処理の方法は（1）試験と同様に行い、処理終了後は、ポリ塩化ビニリデン製ラップを除去し常温に冷ましてから、土壌還元処理の2区のみポット内で土壌を攪拌し、他の3区は攪拌しないまま簡易検定法により防除効果を判定した。簡易検定の処理期間は2008年2月4日から2月25日で、検定株数は1区5株とした。

3. 現地育苗ハウスにおける実証試験

太陽熱消毒及び土壌還元消毒の実証試験は、2006年の「ベニアズマ」及び「高系14号」の育苗時に立枯病の発生が初確認された成田市農家の現地育苗ハウス2棟（以下、それぞれハウスA、ハウスBとする）において、翌年の2007年に行った。

ハウスAでは、8月5日にかん水後、全面に塩化ビニルフィルムを被覆し、9月6日までハウスを密閉して太陽熱消毒を行った。ハウスBでは、8月5日に10a当たり1tの米ぬかを深さ20cm程度に混和し、湛水状態になるまでかん水した後、全面を塩化ビニルフィルムで被覆し、9月6日までハウスを密閉して土壌還元消毒を行った。

簡易検定に用いた土壌は、両ハウスとも8月5日の消毒前と9月10日の消毒後の2時期に、上層部（0～15cm）と下層部（15～30cm）の深さ別に分けてハウス内の5か所から採取した。各土壌とも採取した土壌を均一に混和して検定

第1表 ポット熱処理試験におけるサツマイモ立枯病の防除効果

試験の種類	試験区 (処理温度・処理時間)	発病度		総合発病度
		根	茎	
試験A	50℃・24時間	100	48	58
	50℃・48時間	100	40	52
	55℃・6時間	44	8	15
	55℃・12時間	0	0	0
	無処理	100	44	55
試験B	50℃・192時間	72	24	34
	50℃・240時間	12	8	9
	無処理	100	28	42

注1) 検定株数は、1区5株である。

2) 発病度は、根及び茎の褐変程度を部位別に調査し、次の基準で評価及び算出した。
 根の発病指数0：褐変なし，1：褐変割合20%以下，2：同21～40%，3：同41～60%，
 4：同61～80%，5：81%以上が褐変。

茎の発病指数0：褐変なし，1：褐変割合5%以下，2：同6～10%，3：同11～25%，
 4：同26～50%，5：51%以上が褐変または枯死。

発病度＝（Σ（発病指数×株数）／（調査株数×5））×100

3) 総合発病度は、立枯病の発病程度を全体的に評価する指標として次式で算出した。

総合発病度＝（根の発病度×0.2）＋（茎の発病度×0.8）[範囲：0～100]

4) 試験の種類AとBは、同一試料を用いて異なる条件で試験を行った。

に供試した。検定の処理期間は、2007年10月15日から11月8日とし、検定株数は1区10株（10ポット）とした。

また、両ハウスとも次作2008年の「ベニアズマ」及び「高系14号」の育苗時に立枯病の発生状況を観察調査した。

Ⅲ 結 果

1. ポット試験

(1) 太陽熱消毒を想定した熱処理試験

ポット熱処理の試験 A における総合発病度は、無処理区が 55、50℃・24 時間区が 58、同 48 時間区が 52 と同程度であった。これに対して、55℃・6 時間区は 15 と低

く、同 12 時間区では発病が認められなかった。試験 B における総合発病度は、無処理区が 42 であったのに対して、50℃・192 時間区が 34 とやや低かった。50℃・240 時間区は 9 とさらに低く、根の状態が健全とほとんど変わらなかった（第 1 表、写真 1）。

(2) 太陽熱消毒を想定した熱処理試験

ポット土壌還元処理試験における総合発病度は、無処理区が 61、熱処理の 40℃・240 時間区が 62、45℃・240 時間区が 65 と同程度であった。これに対して、土壌還元処理の 40℃・240 時間区及び 45℃の 240 時間区では、根の状態も健全で発病が認められなかった（第 2 表、写真 2）。



写真1 サツマイモ立枯病に対する熱処理による防除効果

第2表 ポット土壌還元処理試験におけるサツマイモ立枯病の防除効果

処理方法	試験区 (処理温度・処理時間)	発病度		総合発病度
		根	茎	
土壌還元処理	40℃・240時間	0	0	0
	45℃・240時間	0	0	0
熱処理	40℃・240時間	84	56	62
	45℃・240時間	100	56	65
無処理	—	96	52	61

注) 第1表の注1) から3) に同じ。

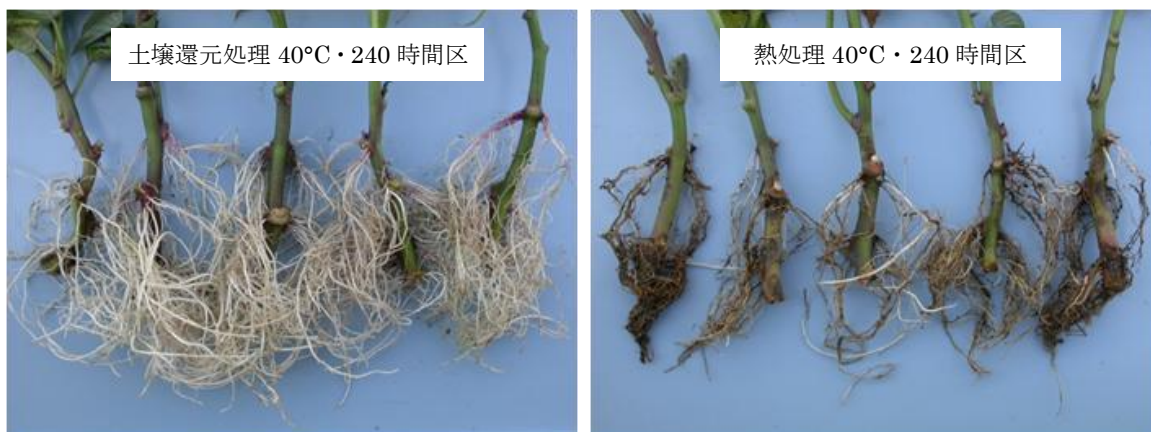


写真2 サツマイモ立枯病に対する土壌還元処理による防除効果

2. 現地育苗ハウスにおける実証試験

太陽熱消毒前土壌（ハウス A）における上層部と下層部の発病度は、それぞれ根が 100 と 46、茎が 64 と 14 で、これに基づく総合発病度は、上層部が 71、下層部が 20 であった。一方、消毒後土壌では、下層部のみにわずかに発病が認められたものの、根の状態が健全とほとんど変わらず総合発病度は 1 と極めて低かった（第 3 表、写真 3）。

土壌還元消毒前土壌（ハウス B）における上層部と下層部の発病度は、それぞれ根が 74 と 100、茎が 30 と 76 で、これに基づく総合発病度は、上層部が 39、下層部が 81 であった。一方、消毒後土壌では、根の状態が両層とも健全で発病が認められなかった（第 4 表、写真 4）。

次作育苗時の発病調査では、太陽熱消毒及び土壌還元消毒を行った両ハウスとも発病は確認されなかった。

IV 考 察

1. 太陽熱消毒を想定したポット試験

ポット熱処理試験における簡易検定の結果、55℃ の条件では 6 時間処理で検定株の発病度が低下し、さらに 12 時間処理で立枯病を完全に防除できた。50℃ の条件では、6 時間及び 12 時間処理ともに防除効果が認められなかったが、192 時間処理で効果が現れ、さらに 240 時間処理で発病度が明らかに低下した。検定結果では発病度が 0 にはならなかったが、写真 1 のように実用的に問題ない程度の効果が得られた。一方、さらに温度が低い 45℃ 及び 40℃ の条件では 240 時間処理でも防除効果が認められなかった。

第3表 現地育苗ハウスにおけるサツマイモ立枯病に対する太陽熱消毒の防除効果

土壌採取時期	土壌の採取位置 (深さcm)	発病度		総合発病度
		根	茎	
太陽熱消毒前	上層部 (0-15)	100	64	71
	下層部 (15-30)	46	14	20
太陽熱消毒後	上層部 (0-15)	0	0	0
	下層部 (15-30)	2	0	1

注) 検定株数は1区10株で、その他は第1表の注2) と3) に同じ。

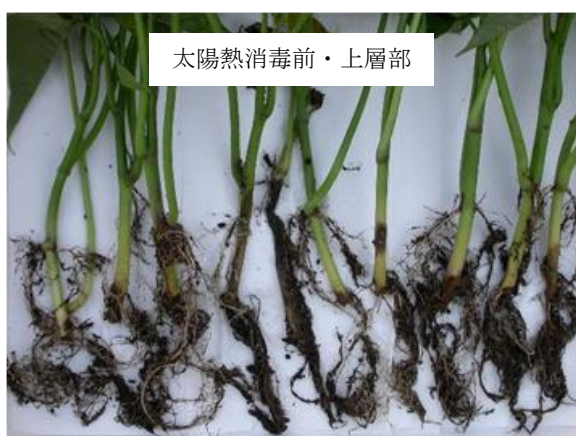


写真3 サツマイモ立枯病に対する太陽熱消毒による防除効果

工藤（1985）は、立枯病菌の培養菌を用いて温度と菌糸の発育を調査し、55℃以上では5分処理、50℃では30分以上の処理により本菌が死滅し、47℃では300分処理でも生存したことを報告している。同様に、嶋崎・佐藤（1993）は本菌が50℃の30分処理で死滅し、45℃の90分処理では生存したことを報告している。また、西村・工藤（1986）は本菌の孢子発芽及び菌糸生育が45℃においても可能であったと報告した。これらの報告と今回の熱処理試験の結果から、太陽熱消毒による立枯病防除には50℃以上の地温が必要で、地温が高いほど防除可能な積算時間が短くなると推察された。なお、本試験における汚染土壌に対する熱処理では、前述の工藤（1985）が報告した培養菌の死滅時間と比較して死滅まで長時間を要した。小玉（1989）はイチゴ萎黄病（*Fusarium oxysporum*

f. sp. *fragariae*）に対する45℃の熱処理試験を行い、培養菌では24時間以内に死滅したが、罹病株では3日、汚染土壌では6日で菌が検出されなくなることを示し、罹病株中や土壌中に耐久体として生存する菌では耐熱性が異なることを報告している。サツマイモ立枯病についても同様のことが考えられ、汚染土壌では培養の性質と異なり、より多くの熱処理時間が必要であると考えられた。

2. 土壌還元消毒を想定したポット試験

ポット土壌還元処理試験における簡易検定の結果、熱処理では45℃及び40℃の240時間処理で立枯病を防除できなかったのに対して、土壌還元処理では同じ条件の処理でも検定株が発病せず、高い防除効果が認められた。太陽熱消毒は、40～45℃の地温を長時間持続させて殺菌、殺虫及び殺草する方法である（小玉，1989）。しかし、消

第4表 現地育苗ハウスにおけるサツマイモ立枯病に対する土壌還元消毒の防除効果

土壌採取時期	土壌の採取位置 (深さcm)	発病度		総合発病度
		根	茎	
土壌還元消毒前	上層部(0-15)	74	30	39
	下層部(15-30)	100	76	81
土壌還元消毒後	上層部(0-15)	0	0	0
	下層部(15-30)	0	0	0

注) 検定株数は1区10株で、その他は第1表の注2) と3) に同じ。

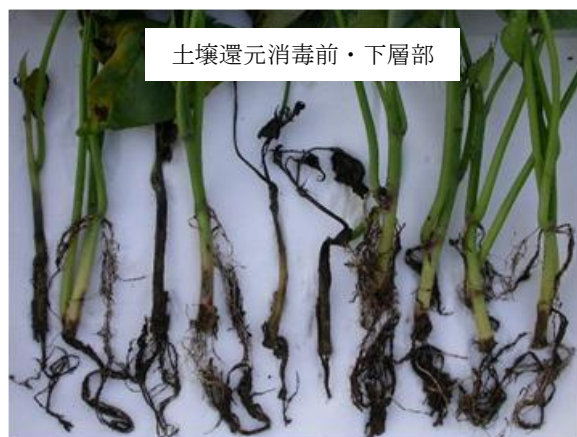


写真4 サツマイモ立枯病に対する土壌還元消毒による防除効果

毒期間中に晴天が続かない場合や、盛夏に消毒が行えない場合には地温の確保が難しく、特に深い土層では防除効果が得られない場合がある。これに対して、土壌還元消毒は湛水処理と太陽熱消毒を相互に補完することで消毒効果を高めた技術であり、土壌中の有機物が微生物によって分解され、酸素が消費されることで土壌が還元状態となり、30°C 程度の低い地温でも消毒効果が期待できる（新村，2010）。前述の立枯病に対する太陽熱消毒（熱処理試験）では 50°C 以上の地温が必要であったが、土壌還元消毒では太陽熱消毒効果の現れなかった 40°C 以上 50°C 未満の低い地温条件でも既報のとおり防除効果が認められた。土壌還元消毒は、*Fusarium* 属菌、*V.dahliae*、*Ralstonia solanacearum*、ホモフシス根腐病菌（*Phomopsis sclerotioides*）、青かび根腐病菌（*Penicillium* sp.）、サツマイモネコブセンチュウなどに対する防除効果が認められ、広範囲の土壌病害に効果があると考えられているが（新村，2010）、本試験の結果から放線菌病であるサツマイモ立枯病に対する効果も示された。

3. 現地育苗ハウスにおける実証試験

現地育苗ハウスの消毒前後の土壌を簡易検定した結果、土壌還元消毒では土壌の深さ 15~30cm の下層部まで完全に立枯病を防除できた。一方、太陽熱消毒では立枯病に対する十分な防除効果が得られたものの、下層部にわずかに発病が認められた。しかし、次作の育苗時に実際の発病状況を調査した結果、太陽熱消毒及び土壌還元消毒の両消毒ハウスともに立枯病の発病は認められず、圃場レベルでの防除効果が確認され、両消毒法とも実用性があると判断された。ただし、両消毒ハウスとも消毒期間中の地温が欠測し、地温条件と防除効果の関係は不明であった。同一地域のサツマイモ育苗ハウスで高野・猪野（2007）が行ったつる割病に対する太陽熱消毒の試験では、8月のハウス内地温が最も高く推移し、上層部（深さ 7.5cm）の 55°C 以上の積算時間が 13 時間、50°C 以上の積算時間が 66 時間、下層部（深さ 22.5cm）の 40°C 以上の積算時間が 241 時間であった。これは本試験で実施した当年の気象条件とは異なるデータであるが、実際に両消毒ハウスとも立枯病を防除できたことを考慮すると前述のポット試験で得られた処理条件の地温が確保できたと考えられた。また、土壌の下層部では地温が上昇しにくいことは明確であり、本試験の結果からも下層部の立枯病に対する防除効果は、土壌還元消毒の方がより高かったと推察された。

以上のように、サツマイモ育苗ハウスの立枯病対策として、夏季の太陽熱消毒及び土壌還元消毒は有効であった。ただし、ポット試験で示したように太陽熱消毒では 50°C

以上の地温の確保が必要である。土壌還元消毒では 40°C 以上 50°C 未満の条件でも防除効果が認められたことから、土壌の下層部や冷夏年など、50°C 以上の地温の確保が難しい条件で有効と考えられた。

V 摘 要

サツマイモ育苗ハウスにおける立枯病対策として、夏季の太陽熱消毒及び土壌還元消毒による防除効果を明らかにした。

1. 太陽熱消毒によるサツマイモ立枯病の防除には少なくとも 50°C 以上の地温の確保が必要で、50°C では 240 時間で実用的に問題ない程度の効果が得られ、55°C では 12 時間で本病菌が死滅した。
2. 土壌還元消毒は、40°C 以上 50°C 未満の条件でも効果が高く、土壌の下層部や冷夏年などの地温確保が難しい条件で有効と考えられた。

VI 引用文献

- 小玉孝司（1989）熱利用（太陽熱）による病害防除。農及園。64：183-188。
- 工藤和一（1985）サツマイモ立枯症の発生生態と防除。研究ジャーナル。8(7):35-39。
- 仲川晃生・中村吉秀・菅 康弘・迎田幸博（2006）土壌の湛水化がジャガイモそうか病の発生に及ぼす影響。関東病虫研報。53:23-28。
- 新村昭憲（2010）還元消毒法の効果と原理。農及園。85:810-816。
- 西村範夫・工藤和一（1986）サツマイモ立枯症の病原菌 *Streptomyces* sp. の菌糸生育と孢子発芽。九農研。48:148。
- 尾松直志・池澤和弘（2004）陽熱処理と米ぬか併用処理によるジャガイモそうか病防除効果。九農研。66:88。
- 嶋崎 豊・佐藤光興（1993）サツマイモ立枯病菌による塊根異常肥大症の発生。埼玉園試研報。20:1-12。
- 高野幸成・雨宮昭彦・猪野 誠（2006）ウイルスフリー化処理によるサツマイモ立枯病の品種抵抗性の低下。関東病虫研報。53:29-33。
- 高野幸成・猪野 誠（2007）サツマイモつる割病に対する土壌汚染程度の簡易検定法の開発と実用性評価。関東病虫研報。54:13-17。
- 山内寅好・伊藤智尚（1984）太陽熱利用によるジャガイモそうか病発病防止効果。関東病虫研報。31:25。

Using Soil Solarization and Soil Reduction to Control Sweet Potato Soil Rot Disease in a Plastic Greenhouse used to Raise Seedlings

Yukinari TAKANO and Makoto INO

Key words : sweet potato, soil rot disease, soil solarization, soil reduction, simplified evaluation method

Summary

We used a simplified method to evaluate the ability of soil solarization and soil reduction to control sweet potato soil rot disease in seedlings in a plastic greenhouse.

1. Control of sweet potato soil rot disease by soil solarization was observed at 50 °C for 240 h. Rot pathogens were sterilized at 55 °C for 12 h. We concluded that a soil temperature of at least 50 °C was needed to control the disease by soil solarization.
2. Control of sweet potato soil rot disease by soil reduction was observed at less than 50 °C but more than 40 °C for 240 h. We concluded that control of the disease by soil reduction under conditions in which the soil temperature does not rise greatly (e.g. in cool summers) is effective.