

トマトの褐色根腐病に対する太陽熱利用土壤消毒の防除効果について

木村 栄・高野邦治・大村裕顕

I 緒 言

トマトの施設栽培において褐色根腐病は、県内の各地域で発生しており栽培上の大きな問題となっている。この対策として、抵抗性台木による接木栽培や薬剤による土壤消毒が行われている。しかし、接木栽培では接木の労力が多くかかることや草勢が強くなり、空洞果などの不良果の発生が多くなるという欠点がある。一方、薬剤による土壤消毒は労力や経費、さらに人体に対する毒性など実施に際して問題が多い。太陽熱利用による土壤消毒（以下、太陽熱消毒とする）については、地力培養を兼ねた土壤消毒法としてすでに各地で検討されている^{3-6,9,11,16,18}。しかし、湛水の困難なほ場における太陽熱消毒法及びその効果持続期間についての報告は少ない。

そこで、筆者らは1979年より黒ボク土のほ場でトマトの褐色根腐病を対象として、太陽熱消毒における有機物、石灰窒素、土壤水分、畦立てなどの諸要因の影響を検討するとともに、3か年にわたってその効果の持続について試験を行った。また、高温多湿によるハウス資材などの損傷をさけるため、換気しているハウスにおいて太陽熱消毒の効果を実証したので、その結果を報告する。

II 試験方法

1. 太陽熱消毒における有機物と石灰窒素の影響（試験1）

試験区は第1表のように1000㎡のガラス室内に設置した。有機物区はa当たり100kg、石灰窒素区はa当たり10kgを施用した。太陽熱消毒

区は土壤水分を多くするため、24時間かん水し、2日後、高さ約35cmの畦を立て古ビニルでマルチし、1979年7月30日から9月4日までガラス室を密閉して試験を行った。対照の無消毒区は地表にビニルホースを20cm間隔に配置して、昼夜とも通水し、さらに、その上に稲わらを30cmの厚さにしき、地温の上昇を抑えた。区の境界は硬質ビニル板を埋設し、1区28㎡（20株）で12月17日にトマト、東光Kを定植した。トマト栽培は慣行に準じて行った。生育は10株、収量は20株について第6花房まで調査した。土壤pHは水浸出、アンモニア態窒素は蒸留法、硝酸態窒素はフェノール硫酸法で分析した。根の褐変程度は第6表に示す指数で表わし、20株を調査した。温度はサーミスタ温度計で測定した。

2. 太陽熱消毒における土壤水分と畦立ての影響（試験2）

試験区は第3表のように1000㎡のガラス室内に設置した。ほ場を耕起後、土壤水分の多い区は24時間かん水し、土壤水分の少ない区は無かん水とした。畦立て区は、2日後に高さ約35cmの畦を立てた。太陽熱消毒はビニルでマルチをし、1980年8月5日から9月24日まで施設を密閉して行った。無消毒区は試験1と同じ方法で地温の上昇を抑えた。1区14㎡（20株）で9月27日まきの瑞光102を11月22日に定植した。トマトの栽培は慣行に準じて行った。有機物と石灰窒素は施用しなかった。生育は10株、収量は20株で第6花房まで、根の褐変は20株について調査した。土壤微生物数は希釈平板法を用いて計測した。糸状菌はマーチン培地、細菌及び放線菌はアルブミン寒天培地を用いた。測定は消毒前

(7月29日), 消毒中期(8月22日), 消毒後(9月30日), 定植後(12月9日), 生育中期(4月13日)の5回行った。

3. 開放ハウスでの太陽熱消毒における畦立て, マルチ及びトンネル被覆の影響 (試験3)

試験区は第4表のように144㎡のビニルハウス内に設置した。ほ場を耕起後, 24時間かん水し, 畦立て区は高さ約35cmの畦を立て, マルチ区はビニルを用いて行い, トンネル区は高さ70cm, 幅180cmのポリエチレン被覆を行った。太陽熱消毒区は1981年8月5日から9月4日までハウスを開放した状態で行った。無消毒区は, 裸地のままとし断熱処理は行わなかった。1区10㎡(30株)で9月21日まきの瑞光102を11月23日に定植した。トマトの栽培は慣行に準じて行った。有機物と石灰窒素は施用しなかった。生育は10株, 収量は30株で第6花房まで, 根の褐変は30株について調査した。

4. 防除の持続期間(試験4)

試験区は, 試験1で使用したほ場に第5表に

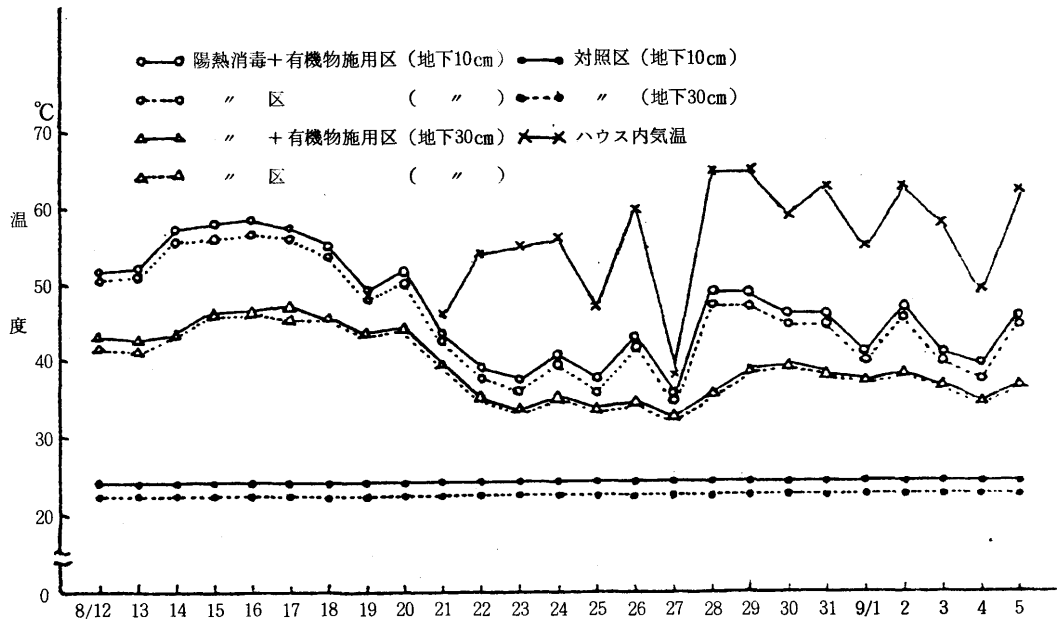
示す処理順序で設置し, 3ヶ年継続した。太陽熱消毒は3か年とも試験1と同じ方法で行った。

1区27㎡(20株)で第1年次(1979年)は9月28日まきの大型瑞光, 第2年次(1980年)は9月21日まきの瑞光102, 第3年次(1981年)は9月16日まきの瑞光102を供試した。トマトの栽培は慣行に準じて行った。各試験年次とも, 生育は10株, 収量は20株で第6花房まで, 根の褐変は20株について調査した。

III 結果

1. 太陽熱消毒における有機物と石灰窒素の影響(試験1)

ハウス密閉期間中の気温及び地温は, 第1図に示したとおり, 無消毒区が深さ10cm及び30cmともに日最高地温が24から25℃で経過したのに対し, 太陽熱消毒区は深さ10cmで35から59℃, 30cmで34から46℃であった。有機物施用区は, 無施用区よりやや高い地温で経過した。生育・収量は, 第1表のとおり, 太陽熱消毒区が無消毒区より生育がよく, 収量は無消毒区にくらべ



第1図 密閉処理期間中の最高気温, 地温の推移(試験1)

トマトの褐色根腐病に対する太陽熱利用土壌消毒の防除効果について

第1表 太陽熱消毒における有機物と石灰窒素の影響（試験1）

No.	処 理			草 丈 cm	収 量 kg	同 左 比 %	発病株率 %	発 病 度
	太陽熱消毒	有機物	石灰窒素					
1	無	無	無	101	2.4	100	100	100
2	無	無	有	96	2.0	83	100	100
3	有	無	無	137	3.3	138	100	75
4	有	無	有	134	3.1	129	100	59
5	有	有	無	133	3.4	142	100	48
6	有	有	有	138	3.3	138	100	56

注1. 収量は株当たり可販果、施肥量はa当たりN.P.K各々2.0kg

2. 草丈は3月17日に測定

3. 発病度は第6表の脚注参照

第2表 土壌の化学性（試験1）

No.	pH			NH ₄ -N			NO ₃ -N		
	処理前	処理中	施肥前	処理前	処理中	施肥前	処理前	処理中	施肥前
1	6.1	6.3	6.5	2.2	1.8	0.8	5.5	8.6	5.2
2	6.4	6.4	6.4	2.4	13.0	1.2	7.4	12.7	13.5
3	6.3	6.0	6.5	2.8	0.2	4.2	7.1	6.1	6.4
4	6.0	6.1	6.3	1.5	4.6	7.9	6.0	9.2	13.7
5	6.1	6.1	6.3	2.1	0.1	2.5	6.8	3.5	4.3
6	6.3	6.2	6.3	2.0	1.1	2.8	8.4	6.9	21.5

注1. NH₄-N, NO₃-N mg/100g乾土

2. 処理前（7月28日）、処理中（8月13日）、施肥前（11月2日）

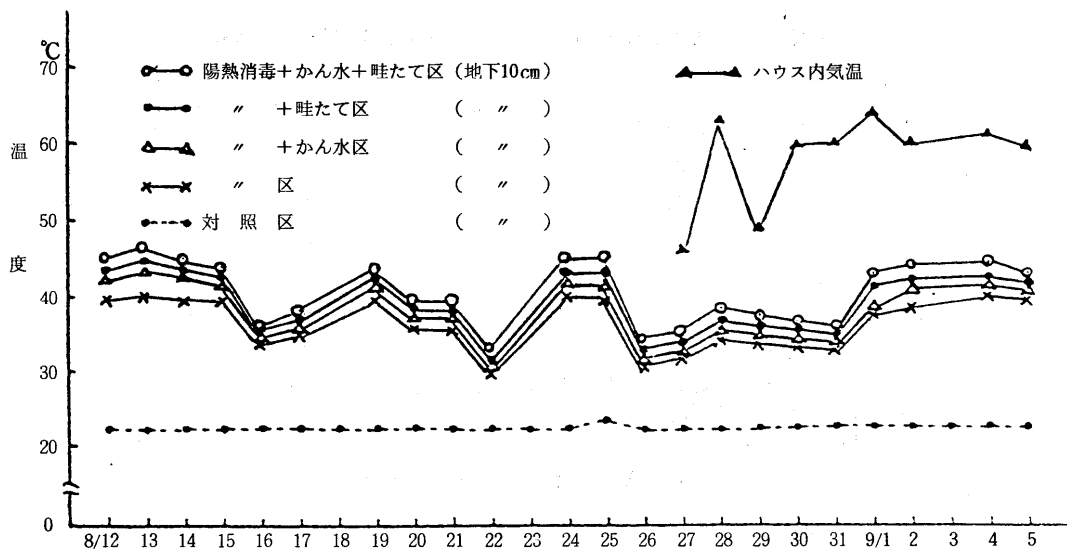
て29~42%増収した。有機物施用区は、若干増収の傾向を示したが、石灰窒素の効果は認められなかった。

褐色根腐病による根の褐変は、いずれの区でも認められたが、その程度は太陽熱消毒区で小さく、無消毒区は大であった。有機物施用区は、無施用区より発病度が軽い傾向を示したが、石灰窒素の影響は認められなかった。土壌のpH及び窒素含量に及ぼす影響は第2表に示した。有機物と石灰窒素がpHに及ぼす影響は明らかでなかった。硝酸態窒素は、アンモニア態窒素とともに消毒中期及び施肥前とも石灰窒素施用区が高く経過したが、有機物の影響は明らかでなかった。無消毒区のアンモニア態窒素は処理中期まで多かったが施肥前には少なくなり、硝酸態窒素は処理中期から多くなった。太陽熱消

毒区のアンモニア態窒素の変化は少なかったが、硝酸態窒素は施肥前に多くなった。

2. 太陽熱消毒における土壌水分と畦立ての影響（試験2）

ハウス密閉期間中の気温及び地温は、第2図のとおり、太陽熱消毒区は深さ10cmで日最高地温が33から45℃であったのに対し、無消毒区は深さ10及び30cmとも22から23℃で経過した。太陽熱消毒時に土壌水分の多い区及び畦立て区は、地温の上昇効果が認められたが、その効果は畦立て区の方が大きかった。生育・収量及び根の褐変を第3表に示した。太陽熱消毒区は、無消毒区より生育がすぐれ、収量も53%から78%増収し、褐色根腐病の発生も少なかった。土壌水分の多い区の生育は土壌水分の少ない区よりややよく、根の褐変も少ない傾向であった。



第2図 密閉処理期間中の最高気温・地温の推移 (試験2)

第3表 太陽熱消毒における土壌水分と畦立ての影響 (試験2)

No.	処 理			草 丈 cm	収 量 kg	同 左 比 %	発病株率 %	発 病 度
	太陽熱消毒	土壌水分	畦 立 て					
1	無	少	無	91	1.9	100	100	100
2	無	多	無	90	1.6	84	100	100
3	有	少	無	108	2.9	153	100	83
4	有	少	有	103	3.2	168	100	78
5	有	多	無	113	3.1	163	100	75
6	有	多	有	115	3.0	158	100	55

注 1. 収量は株当たり可販果, 施肥量はa当たりN.P.K各々3.0 kg
 2. 草丈は1月16日に測定

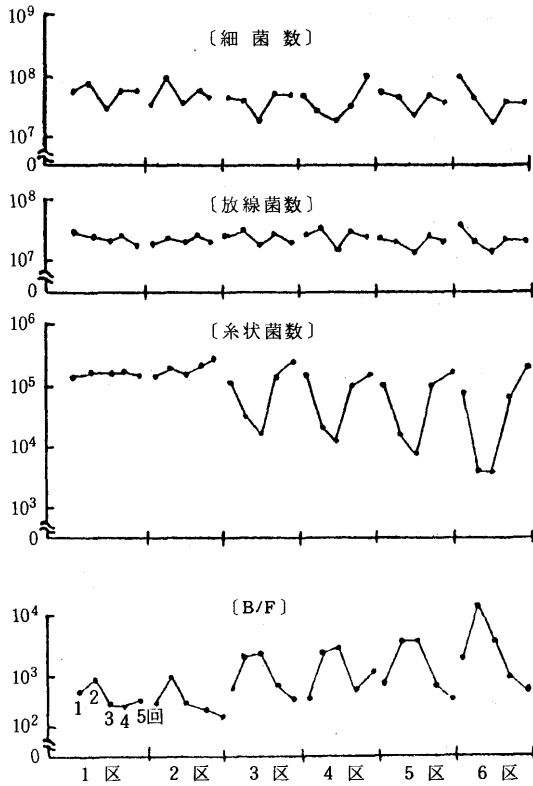
畦立てが生育及び収量に及ぼす影響は明らかでなかったが、根の褐変は畦立て区の方が畦立て無区より少なかった。土壌微生物フロラは第3図のとおり、細菌及び放線菌数は各区ともあまり大きな変動は示さなかった。糸状菌数は、無消毒区で各時期ともほぼ同じ水準で推移したが、太陽熱消毒区は消毒中期から後期に著しく減少した。とくに、土壌水分の多く、畦立てを行った区での減少が著しかった。定植後は各区とも消毒前の水準まで復元し、処理間に差は認

められなかった。B/F値は太陽熱消毒区が消毒期間中は高かったが、定植後は無消毒区と同じような値となった。

3. 開放ハウスでの太陽熱消毒における畦立て、マルチ及びトンネル被覆の影響 (試験3)

換気しているハウスにおける太陽熱消毒期間中の気温及び地温は、第4図のとおりであった。太陽熱消毒区は、深さ15cmで日最高地温が30°Cから46°Cに保持されたが、無消毒区は26°Cから

トマトの褐色根腐病に対する太陽熱利用土壌消毒の防除効果について

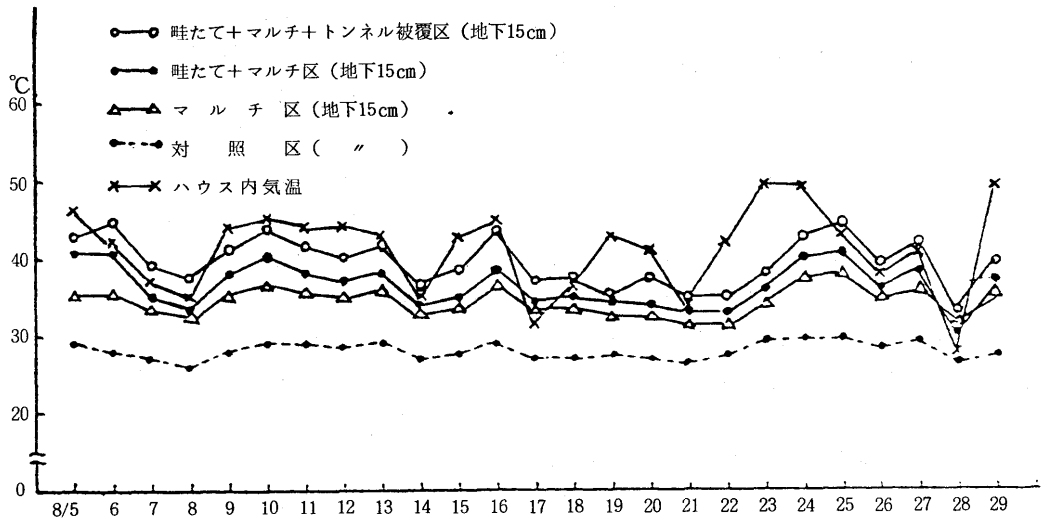


第3図 土壌微生物フロラの変化 (試験2)
(菌数/乾土1g)

29°Cで経過し、30°C以上にならなかった。地温は畦立て、マルチ及びトンネルを組合せた区が最も高かった。処理別の地温の積算時間は太陽熱消毒区が673時間から720時間であったのに対し、無消毒区は0時間であった。35°C及び40°C以上の積算時間はトンネル区が最も多く、処理法によって大きな差が認められた。生育・収量及び根の褐変は第4表に示した。マルチ、畦立て及びトンネル被覆による太陽熱消毒区は無消毒区より生育がすぐれ、根の褐変も少なく、収量も30%から46%増収した。いずれの区も太陽熱消毒の効果は認められたが、トンネル区がすぐれ、マルチのみの区はやや劣った。

4. 防除効果の持続期間 (試験4)

ハウス密閉期間中の地温は第6図のとおりであった。太陽熱消毒区は、深さ10cmで日最高地温が35°Cから59°C (1979年)、32°Cから50°C (1980年)、35°Cから50°C (1981年)の範囲に保持されたが、年次間に差が認められた。無消毒区は深さ10cmで3か年とも22°Cから25°Cで経過した。生育・収量及び根の褐変は第5、6表に示した。第1年次は太陽熱消毒区が無消毒区よ

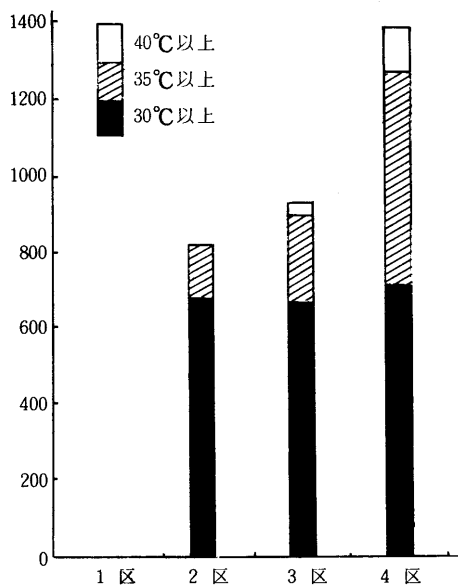


第4図 開放ハウスにおける太陽熱消毒期間中の最高気温・地温の推移 (試験3)

第4表 開放ハウスにおける太陽熱消毒の防除効果 (試験3)

No.	処 理			草 丈 cm	収 量 kg	同 左 比 %	発病株率 %	発 病 度
	畦 立 て	マ ル チ	ト ン ネ ル 被 覆					
1	無	無	無	128	3.3	100	100	100
2	無	有	無	136	4.3	130	100	97
3	有	有	無	141	4.5	136	100	94
4	有	有	有	148	4.8	145	100	88

注1. 収量は株当たり可販果, 施肥量はa当たりN.P.K各々2.0 kg
 2. 草丈は2月13日に測定



第5図 開放ハウスにおける地温別積算時間 (試験3)

り生育・収量がすぐれ、根の褐変程度も軽く、発病度は60にとどまっていた。第1年次の太陽熱消毒区のうち、第2年次(1980年)を無消毒で栽培した区の生育及び収量は2年連続無消毒区に近い結果を示し、根の褐変程度及び発病程度も2年連続無消毒区と同じ値になり、消毒した翌年では効果がなかった。

第1年次の太陽熱消毒区のうち、2年連続無消毒区(第2, 第3年次無消毒)は、3年連続無消毒区と同じ結果を示した。隔年消毒区(第1, 第3年次消毒)は、生育及び収量とも3年

連続消毒区に匹敵する結果であったが、根の褐変はやや多くなっていた。

IV 考 察

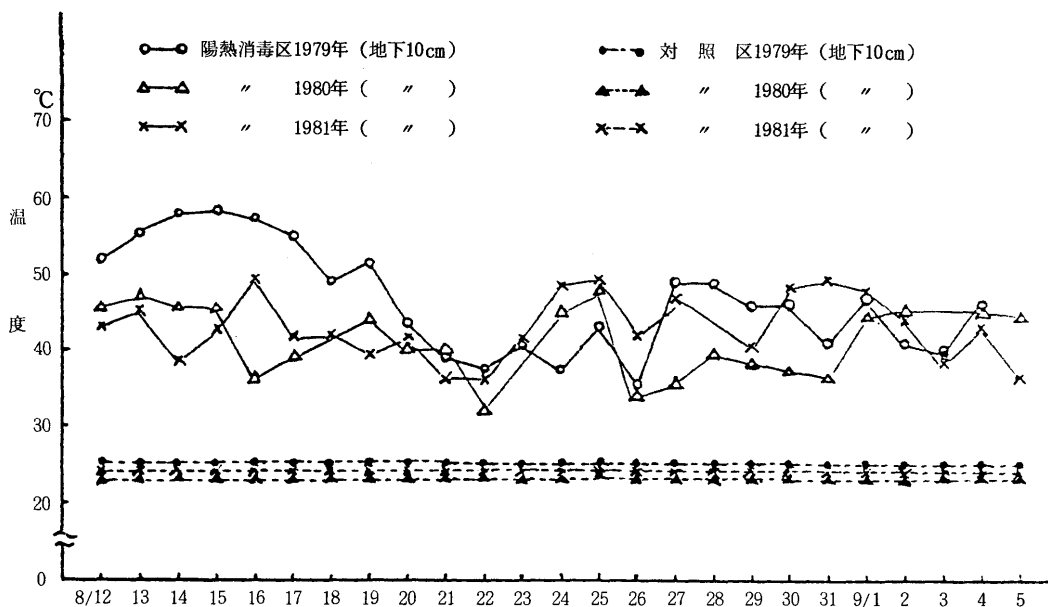
太陽熱利用による土壤消毒については、すでに宮沢ら¹⁶⁾がポリエチレンフィルムの被覆によって薬用ニンジンの根腐病を防除できることを明らかにしている。さらに、宮川ら¹⁵⁾は温室内での太陽熱土壤消毒法を検討している。最近にいたり、奈良農試の研究グループによってこの消毒法が再検討され、イチゴ萎黄病をはじめ、いくつかの土壤病害防除対策として確立された。^{4-7, 11)} 本試験でとりあげたトマトの褐色根腐病については森田ら¹⁸⁾の報告がある。しかし、これらの研究はたん水状態で行われたものが多く、畑状態での効果やその効果持続期間についてはさらに検討する必要があると考えられた。

畑状態における有機物及び石灰窒素の効果：

有機物の施用によって地温はやや高めになり、従来の結果^{4, 8)}と一致した。この理由として土壤孔隙の増加と相対的に温度の低い毛管水の上昇をやや抑制したことによるものと思われた。さらに、有機物の効果として「部分的還元」⁹⁾や有機物そのものの病害軽減作用が考えられる。

石灰窒素施用による殺菌効果は熱処理や有機物との併用により高められるとされているが¹²⁾、褐色根腐病に対する効果は本試験でもあまり認められなかった¹⁸⁾したがってこの病害についての被害軽減作用は石灰窒素や有機物の施用効果

トマトの褐色根腐病に対する太陽熱利用土壌消毒の防除効果について



第6図 密閉処理期間中の年次別最高地温の推移 (試験4)

第5表 太陽熱消毒実施年次と生育収量の関係 (試験4)

No.	太陽熱消毒年次			草丈 cm			収量 kg			収量比 %		
	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
1	無	無	無	110	80	99	2.1	1.7	1.2	100	100	100
2	有	有	有	136	143	154	3.1	3.2	3.6	141	188	300
3	有	無	無	136	115	88	3.1	2.0	1.1	141	118	92
4	有	無	有	136	115	158	3.1	2.0	3.4	141	118	283

注 収量は株当たり可販果, 施肥量は3か年ともa当たりN.P.K各々2.0 kg

第6表 太陽熱消毒実施年次と根の褐変状況 (試験4)

No.	根の褐変程度別株数															発病度					
	1979					1980					1981					1979	1980	1981			
	-	+	++	+++	計	-	+	++	+++	計	-	+	++	+++	計						
1	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	20	20	100	100	100
2	0	2	10	6	2	20	0	0	4	11	5	20	0	0	0	14	6	20	60	76	83
3	0	2	10	6	2	20	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	20	20	60	100	100
4	0	2	10	6	2	20	0	0	0	0	20	20	0	0	0	7	13	20	60	100	91

注1. 根の褐変程度 - 0%, + 10%以下, ++ 10~40%, +++ 40~70%, 計 70%以上

注2. 根の褐変程度別階級値 - ... 0, + ... 1, ++ ... 2, +++ ... 3, 計 ... 4

注3. 発病度 = $\frac{\sum(\text{程度別階級値} \times \text{個体数})}{4 \times \text{調査個体数}} \times 100$

5.14) によるものではなく、高温による殺菌作用によるものと考えられた。

地温は日最高地温で地表下30cmでも34°C以上を保持できたが、褐色根腐病菌の致死温度が35°Cであること⁷⁾、致死温度以下の温度でも長期間曝露すれば、病原菌の密度が低下することから^{7,9,17)} 本試験の温度でも褐色根腐病菌の密度をかなり下げ得たと考えられた。太陽熱消毒区の硝酸態窒素及びアンモニア態窒素の増加が消毒終了後に起るのは、太陽熱消毒により一時的に減少した硝酸化成菌やアンモニア化成菌の密度が比較的早く復元していることを示すものと考えられる⁷⁾。さらに、毛管水の上昇による硝酸態窒素などの集積が考えられた。

土壤水分と畦立ての効果：

地温の上昇については、かん水量を多くすると共に、畦立てを行うのが効果的であった。

畦立ては太陽熱消毒法において受光面積を大きくするために行われる基本的な方法とされている^{4,5,15,16)}。また、土壤水分の多い区は発病度がやや軽いことから、消毒前に十分かん水しておくことが望ましいと考えられた^{3,4,9)}。

土壤微生物フロラについては、細菌及び放線菌の変動は少なかったが、糸状菌は太陽熱消毒の影響を大きくうけており、小玉らの報告^{7,13)}と一致した。

本試験における微生物フロラは、すでに報告されているクロロピクリン剤によるものと同じであった。

開放ハウスでの太陽熱消毒の効果：

換気状態でも畦を立て、マルチをし、さらに、ポリエチレン被覆のトンネルをかけることによって40°C前後の地温を保持でき、褐色根腐病の防除効果を認めた。トンネル被覆をしなかった区は、生育及び収量がトンネル区よりやや劣り、発病度もやや高かったが、これは第5図にみられるように35°C以上の温度の曝露時間の差によるものと考えられた。糸状菌の死滅はその属に

よって温度及び時間の差が認められているが¹⁰⁾、褐色根腐病防除に要する低温限界とその積算時間数については明らかでなかった。また、根の褐変がいずれの太陽熱消毒区にも認められたことは、地温が上昇しにくい深層部では褐色根腐病菌の殺菌が十分でなく、消毒後の糸状菌の復元に平行して褐色根腐病菌も増加した結果、根の褐変をもたらしたものと考えられた。

以上のように、開放ハウスの場合はトンネル被覆を併用すると防除効果が高まることが認められたが、実際にハウス内全面にトンネルを設けることは、労力及び資材の点で問題があるので、Pullmanらが⁹⁾指摘しているようにフィルムの厚さや土壤水分含量などをさらに検討する必要がある。

太陽熱消毒の防除効果の持続期間については、いくつかの報告があり^{9,18)}2年目の効果を認めている。しかし、本試験では2年目になると根の褐変が激しくなり、収量も毎年処理に比べてかなり減収となることから、実用的には1年のみと考えられた。

以上総合すると、トマトの褐色根腐病に対する太陽熱消毒の効果は主として高温による殺菌作用によるものと考えられ、換気したハウスでも畦立てをした上に、小トンネルなどを設けて地温の上昇を計れば、防除効果が期待できることが明らかとなった。そして、太陽熱消毒は2年目以降は効果が劣ることから、トマトの生産を安定させるには毎年実施することが必要と考えられた。

V 摘 要

本試験はトマトの褐色根腐病を対象とした太陽熱による土壤消毒の実用的方法を検討するため、1979年から1981年まで行った。

1. 換気しないハウスでは地下10cmの深さの最高地温は35~59°C (1979年), 32~55°C (1980年), 35~50°C (1981年) となり、試験年

度による差が認められた。一方、換気したハウスでは地下15cmの深さの地温は32~43°C(1981年)であった。

2. 太陽熱消毒時に有機物を施用すると地温が高まり、根の褐変が少なくなり、その結果トマトの生育・収量がすぐれた。しかし、太陽熱消毒時にかん水や畦立てをしても根の褐変はわずかに減少するものの、生育・収量には差は認められなかった。太陽熱消毒時に石灰窒素を施用しても褐色根腐病の抑制効果は認められなかった。

3. 換気しないハウスでの、褐色根腐病の防除は、太陽熱消毒時にビニルでマルチすることによって達成でき、この場合かん水や畦立ての必要は認められなかった。

一方、換気したハウスでは畦立てをした上に、小トンネルを設けて太陽熱消毒を行うのが効果的であった。

4. 前年度に太陽熱消毒をした土壌で生育したトマトでは根の褐変が明らかに認められた。

このことは、トマト栽培を安定させるためには、太陽熱消毒は毎年必要であることを示唆している。

この試験を行うにあたり、大和田常晴前野菜部長、中野政行前土壌肥料部長、川里宏野菜部長の御指導と当該病理昆虫部・手塚徳弥特別研究員ならびに野菜部職員各位の協力を得た。記して謝意を表する。

引用文献

1. 鏡谷大節・北沢健治(1963)北海道農試彙報81:33~40.
2. ———・赤井純・鈴木孝仁・北沢健治(1965)北海道農試彙報88:53~64.
3. KATAN, J., A. GREENBERGER, H. ALON, and A. GRINSTEIN. 1976. *Phytopathology* 66: 683-688.
4. 小玉孝司(1979)農及園54:193~196
5. ———・福井俊男(1979)奈良農試研報10:71~82.
6. ———・———・中西喜徳(1979)奈良農試研報10:83~92.
7. ———・———・松本恭昌(1980)奈良農試研報11:41~52.
8. 小林義明(1974)今月の農薬21(12):21~26.
9. PULLMAN, G. S., DEVAY, J. E., GARBER, R. H., and WEINHOLD, A. R. 1981. *Phytopathology* 71:954-959.
10. PULMAN, G. S., DEVAY, J. E., and GARBER, R. H. 1981. *Phytopathology* 71:959-964.
11. 福井俊男・小玉孝司・中西喜徳(1981)奈良農試研報12:109~119.
12. 堀内誠三・堀 真雄(1979)今月の農薬9:110~115.
13. 堀 兼明・森田 儔・中村秀雄・鈴木徹司・村松安男・河森 武(1979)静岡農試研報24:48~53.
14. 松田 明(1981)植物防疫35(3):108~114.
15. 宮川逸平・志賀陽一(1974)農業電化30:16~20.
16. 宮沢洋一・萩原博司(1972)長野園試研報9:109~124.
17. 森田 儔・岸 国平・大沢高志・森 喜作(1975)静岡農試研報20:11~16.
18. ———・中村秀雄・村松安男・鈴木徹司(1979)静岡農試研報24:42~47.

Effect of Soil Sterilization by Solar Heating on the Control of
Corky Root in Tomato Plant

Sakae KIMUR, Kuniji TAKANO and Hiroaki OMURA

Summary

The present experiments were undertaken in order to find out the practical method of soil sterilization by solar heating for the control of corky root in tomato plants in each midsummer from 1979 to 1981.

1. In a unventilated greenhouse, maximum soil temperatures measured at the depth of 10 cm below the soil surface ranged between 35 and 59°C (1979), 32–55°C (1980) and 35–50°C (1981), showing some differences in experimental years. In a ventilated greenhouse, on the other hand, soil temperature ranged between 32 and 43°C at the depth of 15 cm.

2. The application of the straw chips of rice plant or green manure before the heat treatment slightly encouraged in elevating soil temperature, thus resulting in less occurrences of brown coloured root, consequently led to a little increases in plant growth and yield of tomatoes. Solar heating sterilization in combination with irrigation or with ridge plowing, however, slightly reduced the brown coloured root, and no beneficial effect was observed in plant growth and yield. The application of calcium cyanamide before heat treatment had no valuable effect on inhibiting the disease in the present experiment.

3. In the unventilated greenhouse the corky root was effectiuey controlled by solar heating sterilization accompanied by mulching with vinyl or polyethylene film, without any additional irrigation and ridge plowing. Whereas in the venilated greenhouse, an effective control was achieved by the aid of small tunnels over the ridge.

4. The brown coloured root was cleary observed in the tomat plants grown on the soil sterilized in the previous year. This may suggest that the solar heat sterilization must be undertaken every year far the successful tomato growing.