

少量土壌培地耕におけるトマト青枯病に対する太陽熱消毒の効果

金子 誠・角田 巖*・富家 和典

Effect of Solarization on Tomato Bacterial Wilt in Isolated Minimum Soil Beds

Makoto KANEKO, Iwao KAKUDA and Kazunori FUKE

キーワード：少量土壌培地耕，トマト青枯病，太陽熱消毒

少量土壌培地耕の開発目的の一つは、土壌病害を回避することである。しかし、現場ではトマト青枯病の発病が確認されている。少量土壌培地耕は、用いる培土量が少ないため、太陽熱消毒が有効であると考えられる。そこで、青枯病菌の死滅温度および熱処理時間を解明し、太陽熱消毒によるトマト青枯病対策について検討した。

- 1) トマト青枯病菌は、少量土壌培地耕内に侵入した場合、容易に培養液と培土内で菌濃度を高め少量土壌培地耕内で蔓延する。
- 2) 土壌中の青枯病菌は60℃ 1時間以上または45～55℃ 3時間以上の熱処理で死滅する。罹病トマト残さ中の青枯病菌は、60℃ 1時間以上または50～55℃ 3時間以上または45℃ 6時間以上の熱処理で死滅する。
- 3) 7月下旬～8月上旬に太陽熱消毒を実施した場合、ハウスを密閉した状態では1日間で、また、晴天時にハウスを開放した状態でも1日間で青枯病菌を殺菌できる。栽培機器への影響を考えると、晴天時にハウスを開放して太陽熱消毒を実施する方が実用的である。

1. 結 言

本県農業試験場が開発した少量土壌培地耕はキュウリやトマト、イチゴで土耕栽培と同等以上の収量・品質が得られるとともに、循環式養液栽培であることから施肥量を約3割節減できる等、環境負荷が少ない栽培技術として、生産現場に定着している^{3, 4, 6)}。また、トマトにおいては、同じ培地を連用して年2作、計14作連作しても収量、品質に影響なく、土壌病害の発生も認められなかった事例⁶⁾がある。

しかし、少量土壌培地耕が現場で普及するにしがたが、汚染苗の定植や汚染土壌の混入が原因とみられるトマト青枯病(病原菌：*Ralstonia solanacearum*)が確認され問題となっている。そのため、現場では培土の交換や栽培品目の転換、接木、微生物資材の施用等の対策を余儀なくされている。

本来、少量土壌培地耕は5年程度を目安に培土を交換するのが前提であるが^{3, 4, 6)}多大な労力を必要とし、非汚染培土の確保も容易ではないため、培土交換をせずに、連作使用されている事例が多い。

*現、東近江地域振興局環境農政部農業振興課

そこで、少量土壌培地耕の培土量が少ない点に着目し、青枯病菌の少量土壌培地耕内での蔓延経過を確認するとともに、青枯病菌の死滅温度と有効な熱処理時間を明らかにし、青枯病菌に対する太陽熱による土壌消毒効果について検討した。

2. 材料および方法

2. 1 少量土壌培地耕内での青枯病菌蔓延経過の確認

試験は2001年に行った。試験実施場所は、農業試験場内ビニルハウス（間口7.2m×長さ15m）とし、栽培装置の少量土壌培地耕ベッド（長さ200cm×幅24cm×高さ10.5cm）にクロロピクリンくん蒸したもみ殻を、深さ約1.5cm充填した。その上に場内水稲跡ほ場（埴壤土）より採取した土を砕土後、6mmのふるいを通し、クロロピクリンくん蒸し、深さ約7.5cm充填して試験用ベッドとした（図1）。供試品種は桃太郎ヨーク（タキイ種苗）とし、は種を6月27日、定植を8月7日に行った。定植は株間20cm、1条振り分け植えとした。給液法は培養液循環方式とし、かん水チューブ（エバフローA型）を栽培床上に設置し、培養液を小型ポンプによりタイマー給液した。排液は回収して再利用した。なお、培養液は大塚A処方とした。

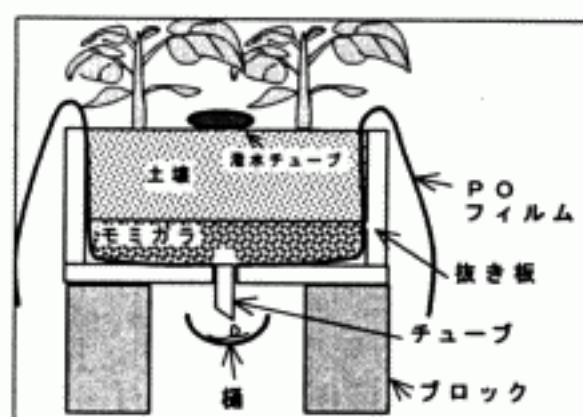


図1 少量土壌培地耕栽培ベッドの構造

試験は、培養液が汚染した場合および汚染苗を定植した場合を想定し、表1のとおりとした。

菌数の測定は、苗の定植1, 3, 6, 14, 20, 27, 34, 41日後に、タンク内の培養液と栽

培ベッド中央部の培土（約3～5cm深、1カ所）をそれぞれ採取し、原・小野培地⁵⁾を検定培地として希釈平板法により28℃で4日間培養後、検出した青枯病菌コロニー数を計数した。

青枯病発病株の調査は、菌数測定のための培養液および培土採取時に萎凋症状を呈した株数を調査した。

表1 少量土壌培地耕内汚染調査の試験構成

試験区名	試験規模	処理方法・処理時期
培養液汚染区	0.5m ² , 9株	苗の定植時に培養液100Lに対し 2.2×10^7 cfu/mLに調整した青枯病菌懸濁液を100mL添加
苗汚染区	0.5m ² , 9株	2.2×10^7 cfu/mLに調整した青枯病菌懸濁液に浸漬した苗を1株、ベッド中央部に定植
無処理区	0.5m ² , 9株	

注:各区2反復とした

2. 2 青枯病菌死滅温度の検討

土壌中およびトマト残さ中の青枯病菌死滅温度を検討した。供試菌株は滋賀県病害虫防除所保存菌株（2000年、滋賀県神崎郡永源寺町の現地ほ場より採取）とし、処理温度は25, 45, 50, 55, 60℃、処理時間は1, 3, 6, 12, 24, 48, 72時間とした。菌数測定方法は2.1に準じた。

2. 2. 1 土壌中の青枯病菌死滅温度の検討

供試土壌は、場内水稲跡ほ場（埴壤土）より採取し、砕土後、6mmのふるいを通し、殺菌処理した。この土壌10gをポリ瓶にとり、青枯病菌懸濁液（ 5.0×10^7 cfu/mL）を5mL加えて 3.6×10^7 cfu/g乾土の汚染土壌を調製した。この汚染土壌を2.2の各処理温度に調整した恒温器内に静置し、所定時間経過後取り出して菌数を測定した。処理時間は所定温度に達するまでの時間を含めた。

2. 2. 2 トマト残さ中の青枯病菌死滅温度の検討

定植15日後のトマト（品種：桃太郎ヨーク）に青枯病菌を接種し発病させ、発病確認後に刈り取り、これを汚染残さとした。汚染残さの茎と根の切片（長さ1cm）を各5片ずつ採

取し、滅菌水10mLを入れたポリ瓶に浸漬した。手で軽く振騰後、これを2.2の各処理温度に調整した恒温器内に静置し、所定時間経過後取り出し、水中の菌数を測定した。処理時間は所定温度に達するまでの時間を含めた。

2.3 太陽熱消毒による効果の確認

供試ハウス、栽培ベッドは2.1に準じた。青枯病菌懸濁液 (4.7×10^7 cfu/mL) を2.2.1に準じて殺菌した土壌に加え攪拌し、それを10g計量しアルコール殺菌したペーパータオルで包み、汚染土壌とした。これをベッド内約5cmの深さに埋め込んだ。対照としてベッド内に充填した土壌と同じものをタッパーに充填し、ペーパータオルで包んだ汚染土壌を埋め込み蓋をした後、25℃の恒温器内に静置した。

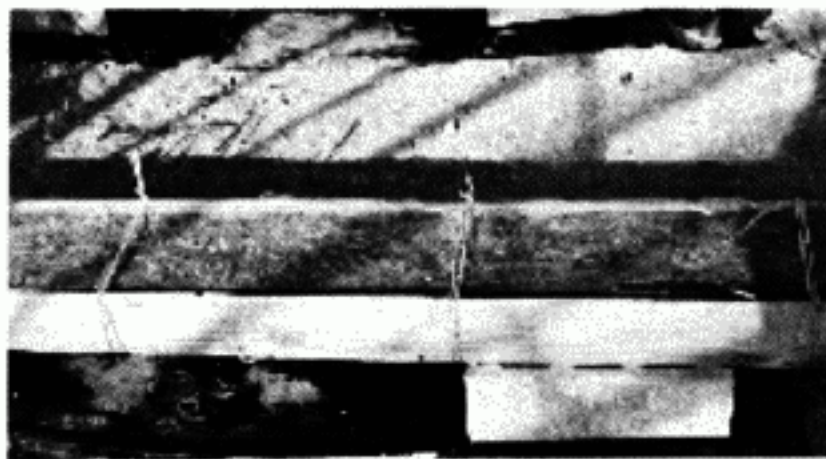


写真1 少量土壌培地耕での太陽熱消毒状況

太陽熱消毒は、ハウスを密閉した場合(2001年7月23日~30日)、および、ハウスを開放した場合(2001年7月30日~8月6日)とし、栽培ベッドは写真1のように0.1mm厚POフィルムで覆った。青枯病菌の菌数測定は太陽熱消毒開始1, 3, 7日後に汚染土壌を取り出し、2.2に準じて実施した。また、栽培ベッド土壌中3, 5, 8cmの深さに温度センサ(おんどとり、ティアンドデイ社製)を設置し、30分間隔で温度を測定した。

3. 結果

3.1 少量土壌培地耕内での青枯病菌蔓延経過の確認

培土中の青枯病菌の推移をみると、培養液汚染区では、定植直後から菌が検出され、発病株率が100%に達する定植20日後にピークとなった。苗汚染区では、定植3日後から菌が検出され、発病株率が100%に達する定植34日後にピークとなった。無処理区では発病は認められなかった(表2, 4)。

タンク内培養液中の青枯病菌数は、培養液汚染区では定植27日後、苗汚染区では定植27~34日後にピークとなった(表3)。

表2 培土中の青枯病菌の菌数推移 (単位: cfu/g乾土)

試験区	定植時	1日後	3日後	6日後	14日後	20日後	27日後	34日後	41日後
培養液汚染区 I	8.3×10^2	2.8×10^2	5.6×10^3	2.8×10^3	5.6×10^3	2.8×10^5	2.8×10^5	2.8×10^5	2.8×10^5
培養液汚染区 II	<10	<10	5.6×10^4	5.6×10^4	2.8×10^4	6.1×10^5	1.7×10^5	5.6×10^5	2.8×10^4
苗汚染区 I	-	-	5.6×10^3	2.8×10^4	1.1×10^4	5.6×10^3	1.1×10^5	5.6×10^5	2.8×10^5
苗汚染区 II	-	-	1.1×10^4	1.1×10^4	1.4×10^4	2.8×10^3	2.8×10^3	2.8×10^4	2.8×10^3
無処理区 I	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
無処理区 II	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

注: -は未調査。<10は10倍希釈で検出されなかったことを示す
注: 定植17日後、24日後に各栽培ベッドに100L給液

表3 タンク内培養液中の青枯病菌の菌数推移 (単位: cfu/mL)

試験区	定植時	1日後	3日後	6日後	14日後	20日後	27日後	34日後	41日後
培養液汚染区 I	-	-	-	4×10^2	1.4×10^4	4×10^4	8×10^4	2×10^5	8×10^5
培養液汚染区 II	-	-	-	8×10^3	6×10^4	2×10^4	8×10^4	4×10^4	2×10^5
苗汚染区 I	-	-	-	2×10^3	4×10^4	2×10^3	1×10^4	1×10^5	2×10^5
苗汚染区 II	-	-	-	1×10^4	2×10^4	4×10^4	1.6×10^5	1.4×10^5	1×10^4
無処理区 I	-	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10
無処理区 II	-	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10

注: -は未調査。<10は10倍希釈で検出されなかったことを示す
注: 定植17日後、24日後に各栽培ベッドに100L給液

表4 青枯病発病株率の推移 (単位: %)

試験区	定植時	1日後	3日後	6日後	14日後	20日後	27日後	34日後	41日後
培養液汚染区 I	0	0	0	0	25.0	100	100	100	100
培養液汚染区 II	0	0	0	0	77.8	100	100	100	100
苗汚染区 I	0	0	0	11.1*	22.2	22.2	66.7	100	100
苗汚染区 II	0	0	0	11.1*	66.7	66.7	88.9	100	100
無処理区 I	0	0	0	0	0	0	0	0	0
無処理区 II	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注: * は定植した汚染株

3. 2 青枯病菌死滅温度の検討

土壌中の青枯病菌は、60℃処理区では、処理開始1時間後には菌が検出されなかった。45、50、55℃処理区では処理開始1時間後に菌が検出されたが、50、55℃処理区では著しく菌数が減少した。処理開始3時間後には菌

が検出されなかった(表5)。

トマト残さ中の青枯病菌は、60℃処理区では処理開始1時間後には菌が検出されなかった。50℃、55℃処理区では3時間後以降、45℃処理区では6時間後以降には菌が検出されなくなった(表6)。

表5 熱処理温度および処理時間が土壌中の青枯病菌数におよぼす影響

	1時間	3時間	6時間	12時間	24時間	48時間	72時間
25℃	1.5×10^7	1.0×10^7	1.1×10^7	9.8×10^6	2.8×10^7	4.9×10^7	9.1×10^7
45℃	8.9×10^6	<10	<10	<10	<10	<10	<10
50℃	3.8×10^3	<10	<10	<10	<10	<10	<10
55℃	5.3×10^3	<10	<10	<10	<10	<10	<10
60℃	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

注: <10は10倍希釈で検出されなかったことを示す (単位: cfu/g乾土)

表6 熱処理温度および処理時間がトマト残さの青枯病菌数におよぼす影響

	1時間	3時間	6時間	12時間	24時間	48時間	72時間
25℃	3.0×10^7	2.3×10^7	1.0×10^7	1.3×10^6	4.7×10^6	6.7×10^5	1.1×10^6
45℃	4.0×10^7	4.8×10^3	<10	<10	<10	<10	<10
50℃	7.7×10^2	<10	<10	<10	<10	<10	<10
55℃	3.3×10^1	<10	<10	<10	<10	<10	<10
60℃	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

注: <10は10倍希釈で検出されなかったことを示す (単位: cfu/mL)

3. 3 太陽熱消毒による効果の確認

ハウスを密閉した場合、開放した場合ともに、対照とした25℃処理区では処理開始7日後まで菌が検出されたが、太陽熱処理区では、開始1日後には菌が検出されなかった(表7)。また、太陽熱消毒処理開始1日後の栽培ベッド最下層部にあたる深さ8cmでの有効温度積算時間は、晴天時で、ハウスを密閉した場合、45℃以上が9時間、50℃以上が6.5時

間に達し、ハウスを開放した場合は、45℃以上が8.5時間、50℃以上が5.5時間、55℃以上が3時間に達した(表8、9)。なお、ハウス密閉時には、曇天時でもベッド最下層部(8cm)で、45℃以上が9時間となったが(図2)、ハウス開放時には、曇天下ではベッド最下層部では45℃以上が3.5時間となった(図3)。

表7 太陽熱消毒期間と土壌中トマト青枯病菌数の関係 (単位: cfu/g乾土)

ハウスの状態	処理前	1日後	3日後	7日後
ハウス密閉時 太陽熱処理区	1.0×10^6	<10	<10	<10
25℃区	1.0×10^6	2.4×10^6	3.6×10^6	7.4×10^5
ハウス開放時 太陽熱処理区	3.0×10^6	<10	<10	<10
25℃区	3.0×10^6	7.2×10^6	2.0×10^7	9.4×10^6

注: <10は10倍希釈で検出されなかったことを示す

表8 少量土壌培地耕における晴天時太陽熱消毒1日間の有効温度積算時間(単位: h)

ハウスの状態	培地表面からの深さ	45℃以上	50℃以上	55℃以上	60℃以上
ハウス密閉時	ハウス内温度	8.0	5.0	3.0	1.0
	3cm	10.0	7.0	2.5	0.0
	5cm	10.5	7.0	2.5	0.0
	8cm	9.0	6.5	0.5	0.0
ハウス開放時	ハウス内温度	0.0	0.0	0.0	0.0
	3cm	8.5	6.0	4.5	0.0
	5cm	9.0	6.0	3.5	0.0
	8cm	8.5	5.5	3.0	0.0

注: ハウス密閉時 2001年7月23日11:00~24日11:00までの1日間の積算時間。天候は晴れ

注: ハウス開放時 2001年7月30日18:30~31日18:30までの1日間の積算時間。天候は晴れ

表9 太陽熱消毒実施時の気象状況

ハウスの状態	月・日	最高気温(°C)	最低気温(°C)	平均気温(°C)	降雨量(mm)	気象状況
ハウス密閉時	7月23日	33.9	26.6	29.6	0.0	晴れ
	7月24日	33.4	25.0	29.1	0.0	晴れ時々曇り
	7月28日	31.7	22.1	26.9	0.0	曇天
ハウス開放時	7月31日	34.9	24.5	28.5	0.0	晴れ
	8月1日	35.8	24.3	29.4	0.0	晴れ時々曇り
	8月6日	32.7	22.7	26.7	0.0	曇天

注：農業試験場内気象観測データより

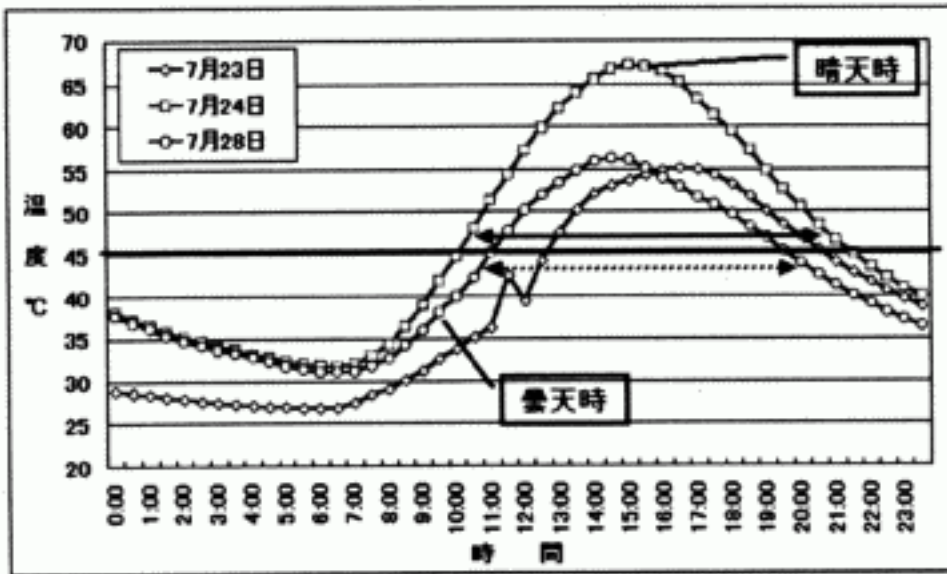


図2 ハウス密閉時の温度変化(ベッド最下層 8cm)

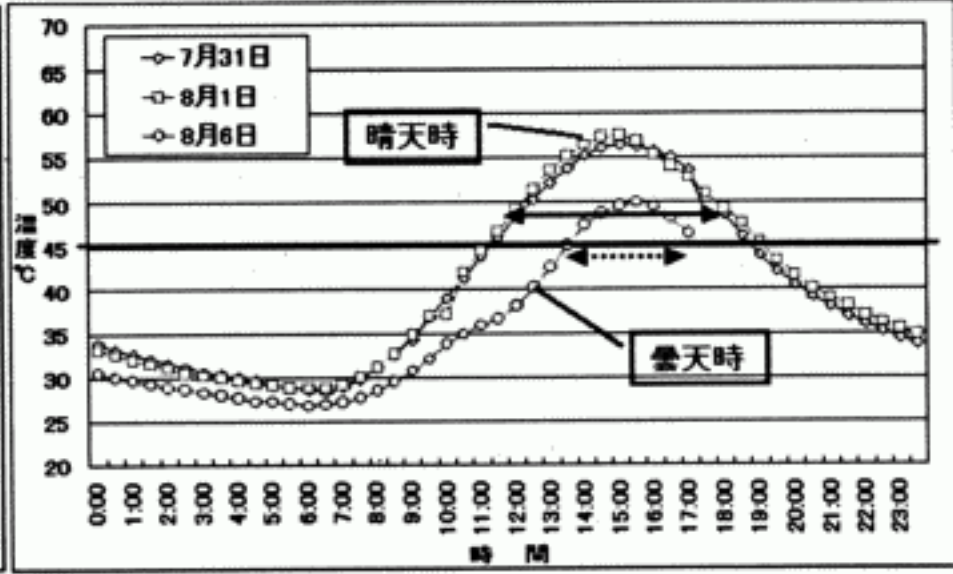


図3 ハウス開放時の温度変化(ベッド最下層 8cm)

4. 考 察

トマト青枯病は土耕栽培、養液栽培を問わず重要な土壌病害である^{2, 9)}。土耕栽培での本病の生態と防除に関しては多くの研究がなされているが、養液栽培についての報告は少ない^{8, 9)}。本来、少量土壌培地耕を含めて、養液栽培の目的の一つは、土壌病害の回避にもかかわらず^{3, 4, 6)}実際には、トマト青枯病の発生が現場で認められている。

本試験の結果から、少量土壌培地耕内への青枯病菌の侵入は、青枯病の発生源となるとともに、少量土壌培地耕内で蔓延することが確認された。竹内ら⁸⁾はNFT養液装置を用いて青枯病菌を接種し、蔓延経過を検証したが、接種後6日で発病を確認し、2～3ヶ月でほとんどの株が発病したと報告している。本試験では、接種6～14日後に発病を確認したが、すべての株が発病したのは接種後約1ヶ月であった。試験規模、時期の差はあるが、少量土壌培地耕は培土量が少なく、株間の根の接触が多いことにより、養液栽培よりも青枯病の蔓延を助長する可能性が高いと考えら

れる。

次に、太陽熱による培土中の殺菌効果については、早くから有望であるとされてきた^{4, 6)}。本試験では、土壌中およびトマト残さ中に青枯病菌を接種し、青枯病菌の死滅温度を個別に検討した。その結果、最低45°C 6時間の加温時間を確保できれば青枯病菌は殺菌できると考えられた。これは、43°Cで2日以上、45°Cで1日以上とした伊達らの報告¹⁾とは若干異なるが、加温処理する際の目安としては本試験の結果は妥当であると思われる。

次に、抑制栽培と半促成栽培の休作期間である7月下旬～8月上旬での太陽熱消毒の期間と効果を検討した。その結果、7月下旬～8月上旬の晴天時であればハウスを開放した状態で1日間太陽熱消毒すれば、栽培ベッド最下層部でも土壌中の青枯病菌を殺菌するに十分な積算時間を確保できた。

ハウスの密閉は、より効果を高めるが、過剰な高温は、少量土壌培地耕のシステムに支障をきたす恐れがあるので、ハウスは開放した方が実用的である。

今回、養液タンク本体やポンプなどの養液循環システムについては検討していないが、これ

らについても、青枯病菌に汚染されている可能性があることから、青枯病の発病したハウスでは、市販の農業資材消毒剤で養液循環系統を殺菌することが望ましい。

本試験では、トマト青枯病のみを対象としている。しかし、少量土壌培地耕での太陽熱消毒は、その培地量が少ないという利点から、青枯病と同様に他の土壌病害に対しても効果が高いと考えられる。ただし、その際には対象となる病原菌の死滅温度を個別に検討する必要がある。

引用文献

- 1) 伊達寛敬・那須英夫・畑本 求, 1990. 促成栽培ナスの青枯病に対する太陽熱消毒および抵抗性台木などとの組合せ効果. 岡山農試研報, 8 : 25-30.
- 2) 伊達寛敬, 2003. 青枯病菌による病害. 植物防疫, 57(8) : 30-33.
- 3) 濱中正人・吉澤克彦・岡本将広・大谷博実, 1997. 果菜類の少量土壌培地耕に関する研究(第2報)キュウリ・トマト栽培における培養液管理法. 滋賀農試研報, 38 : 33-41.
- 4) 濱中正人・吉澤克彦・大谷博実, 1998. 果菜類の少量土壌培地耕に関する研究(第3報)キュウリおよび・トマト栽培における培養液循環施用が生育、収量、品質ならびに肥料成分のみかけの吸収濃度に及ぼす影響. 滋賀農試研報, 39 : 20-28.
- 5) 原 秀紀・小野邦明, 1984. タバコ立枯病菌の新しい選択培地による検出定量法. 植物防疫, 38(2) : 76-79.
- 6) 猪田有美・吉澤克彦・志和将一・大谷博実, 1999. 果菜類の少量土壌培地耕に関する研究(第4報)トマト栽培における培地の連用. 滋賀農試研報, 40 : 30-39.
- 7) 竹内妙子・福田 寛, 1993. 熱水土壌消毒によるトマト青枯病、褐色根腐病およびサツマイモネコブセンチュウの防除. 千葉農試研報, 34 : 85-90.
- 8) 竹内妙子・宇田川雄二, 1994. 養液栽培におけるトマト青枯病の発生生態と防除. 千葉農試研報, 35 : 89-99.
- 9) 渡辺文吉郎. 土壌病害-発生・生態と防除-. 全国農村教育協会 : 78-79.

Summary

One of the objectives in developing isolated minimum soil beds was to reduce crop damage due to soil-borne disease. In actual practice, however, outbreaks of tomato bacterial wilt in these culture beds have still been reported. Under these conditions, solarization can be effective in preventing disease because of the small amount of soil needing to be treated. In this study, we determined appropriate heat treatment temperatures and times for the eradication of *Palstonia solanacearum*, the causal microorganism of tomato bacterial wilt, and proposed an effective disease control technique based on culture bed solarization.

- 1) After entering an isolated minimum soil bed, the *R. solanacearum* bacterium can build up high concentrations in the culture broth and soil, resulting in the accelerated spread of tomato bacterial wilt.
- 2) *R. solanacearum* in soil can be killed by heat treatment at 60°C for 1 hour or more or at 45 to 55°C for 3 hours or more. In tomato plant residue the bacterium can be killed by heat treatment at 60°C for 1 hour or more, at 50 to 55°C for 3 hours or more, or at 45°C for 6 hours or more.
- 3) Although *R. solanacearum* can be eradicated by solarizing the culture bed in a closed greenhouse for at least one day, in fine weather (from late July to early August) [there is a risk of damaging equipment][the possible damage to equipment is of concern]. Even if the greenhouse is left open the bacterium can still be eradicated, provided that the weather is fine for at least one day.