

紫外線とセラミックスを併用した養液栽培の 培養液殺菌システムによるトマト根腐萎ちよう病の制御*

黒田 克利・河野 満**・富川 章***

生産環境部

要 旨

紫外線・セラミックス併用殺菌装置を試作し、トマトのロックウール栽培に組み込み、トマト根腐萎ちよう病菌を保菌した排水を同装置により殺菌後再利用した場合の、本病の感染防止効果を検討した。本装置は排水を集める槽、セラミックスろ過槽および紫外線殺菌装置により成り立つ。紫外線殺菌装置には殺菌灯として9本のUVCLAMPを使用し、処理量が毎分20Lの場合、紫外線照射量は最大575,200 $\mu\text{W} \cdot \text{秒}/\text{cm}^2$ である。セラミックスろ過槽に直径5mmと9mmの球状のセラミックスを充填した。セラミックスは栽培期間中に生じる排水中の植物残渣等を効率的に除去し、排水の紫外線透過率の低下を抑え、紫外線の殺菌効果を長期間維持する効果がある。同装置によりトマト根腐萎ちよう病菌を保菌した排水を殺菌したところ、同菌が定植後144日間の長期間確認されなかった。さらに、同菌を保菌した排水を殺菌後再利用したが、本病の発病がみられず高い効果を示した。

キーワード：トマト；ロックウール栽培；トマト根腐萎ちよう病；紫外線・セラミックス併用殺菌装置

諸 言

養液栽培では栽培作物の根部を侵し、甚大な被害をもたらす根部伝染性病害の対策が重要な課題となっているが、培養液中に添加して防除できる登録農薬がないのが現状である。したがって、養液栽培における病害防除は、病害の発生を未然に防ぐために、圃場衛生に注意が払われてきた。しかし最近、新しい防除対策として培養液中の病原菌の物理的殺菌方法が考えられ、紫外線^{2, 4, 7, 9)}、紫外線とオゾン^{1, 10)}、金属イオン⁸⁾、熱^{11, 10)}によって直接殺菌する方法や、セラミックスなどのろ過材による培養液中の病原菌除去¹⁵⁾や、培養液濃度による病原菌の繁殖抑制^{5, 6)}等の対策が検討されている。

さらに、環境に優しい農業の確立が強く求められているなか、養液栽培においても一度使用した培養液（以下排水と呼ぶ）を廃棄せず、再利用する技術の開発が必要である。しかし、そのまま再利用しようとすれば、排水中に混在する病原菌によって再び根部を侵す病害の伝染・

蔓延をもたらし、被害の増大が懸念される。

そこで、排水中の病原菌を殺菌し、再利用が可能となるように、紫外線とセラミックスを併用した殺菌装置をトマトのロックウール栽培に組み込み、トマト根腐萎ちよう病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*) を対象に二次伝染防止効果や排水再利用の可能性について検討した。

なお、本研究は農林水産省の助成を受けて行ったものである。

材料及び方法

1. トマト根腐萎ちよう病菌に対する紫外線殺菌効果
供試菌は三重県桑名郡長島町の現地施設のトマトの根腐萎ちよう病被害株から分離した *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* で、強い病原性を示す菌株 (No.91121201) である。殺菌水で希釈したトマト根腐萎ちよう病菌の孢子懸濁液 (3.2×10^3 個/ml, 3.2×10^3

* 本研究の一部は日本植物病理学会の1994年関西西部会において口頭発表した。

** 現資源開発部

*** 現企画調整室

個/ml)を直径10cmの時計皿に5ml入れ、紫外線ランプのUVA(千代田工販(株)製, FL-40S-FLB, 367nm), UVB(同社製, FLR-40SW-E/M, 313nm)およびUVC(同社製, GL-30, 253.7nm)の直下に置き, 10, 30, 60, 90, 120, 180秒間照射した。時計皿にできるだけ均一に照射するため, ランプの中央部分の3cmの長さを残してランプを黒紙で覆い, ランプと時計皿の距離を10cmとした。照射直後の懸濁液をフザリウム選択培地(以下駒田培地と略)に分注し, 培養後形成されるコロニー数を調査した。

2. 有効なる過材の検索

ガーゼで底面を覆ったガラス製の円柱管(内径34mm, 長さ150mm)にセラミックス10種類, 活性炭5種類, 朝明砂, サンゴ砂, パーミキュライトの計18種類の供試資材をそれぞれ充填した, トマト根腐萎ちょう病菌(菌株No.91121201)の孢子懸濁液(3.3×10^8 個/ml)を円柱管の上から1回当たり100ml通過させ, 10回繰り返した。ろ過前, ろ過1回目, 3回目, 5回目, 8回目, 10回目に孢子懸濁液を回収しろ液中に含まれる菌数を駒田培地で培養後調査した。

3. 培養液の濃度と紫外線透過率

養液栽培用の液肥(大塚ハウス製1号, 2号)の標準濃度液(1号1.5g/L, 2号1.0g/L), 同75%液, 同50%液, 同25%液を作成し, 各培養液のUVC(253.7nm)の吸光度を分光光度計(島津製作所(株)製UV-150-02)により測定し, 紫外線透過率を算出した(透過率 = $10^{-X} \times 100$ X: 吸光度)。

4. 紫外線殺菌装置の殺菌効果

紫外線殺菌装置の効果を処理液循環方式と処理液1パス方式で調べた。処理液循環方式は紫外線殺菌装置を何度も通過させて殺菌し, 処理液1パス方式は紫外線殺菌装置を一度のみ通過させて殺菌する。

1) 処理液循環方式

使用した紫外線殺菌装置(千代田工販(株)製フロンライザLS08)は, 処理液が通過するパイプの外周に60wのUVCランプを8本とパイプの内側に90wのUVCランプを1本配置し, 点灯本数を調節できる(図1)。

循環方式による殺菌効率を調べるため, 外周に配置するUVCランプを8本点灯し, 孢子懸濁液を処理液槽→A→紫外線殺菌装置→B→処理液槽の順(図2)で毎分20Lで循環通過させた。

孢子懸濁液の希釈は地下水と大塚液肥1号, 2号を使用し, 孢子懸濁液の濃度は550個/mlとした。紫外線通過直後と処理液槽の中層から懸濁液を採取し, 懸濁液中の根腐萎ちょう病菌の生存菌数を駒田培地により調査した。採取は1分間隔で10回行った。

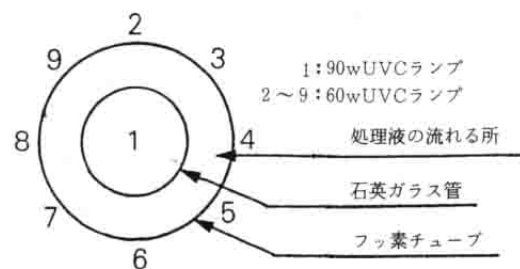


図1 紫外線殺菌装置の断面の略図

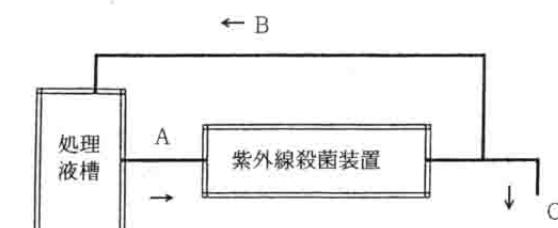


図2 紫外線殺菌装置の処理液通過経路の略図

2) 処理液1パス方式

紫外線殺菌装置は, 前項と同じものを用いた。外周のランプと内側のランプの点灯本数を変えた。処理液の流量は毎分10L, 20L, 30Lで行った。孢子懸濁液の濃度は530個/ml, 55個/mlおよび45個/mlとした。孢子懸濁液を処理液槽→A→紫外線殺菌装置→C(図2)の順で通過させ, 紫外線通過前と通過後に採取し, 液中の根腐萎ちょう病菌の生存菌数を駒田培地により調査した。

5. 紫外線・セラミックス併用殺菌装置の殺菌効果(処理液1パス方式)

紫外線殺菌装置とセラミックスろ過槽装置(s.p.ろ過研究所製)を併用して殺菌効果を調べた。紫外線殺菌装置はUVCランプを処理液が通過するパイプの外周の8本とパイプの内側の1本合計9本点灯した。セラミックスろ過槽には球状のセラミックスを使用し, 第1槽に直径9mmのものを15kg, 第2槽に直径5mmのものを15kg充填した。トマト根腐萎ちょう病菌の孢子懸濁液の濃度は45個/mlとした。処理液はろ過槽を通過後紫外線殺菌装置を通過させた(図3)。

6. 装置の養液栽培システムへの導入

1) 試験1(1992年)

農業技術センター場内のガラス温室においてトマト(品種ファースト)のロックウール栽培を行った。1992年8月20日に播種し, 9月17日にスラブ(1.8m × 0.3m × 0.1m)当たり7株定植した。培養液は大塚液肥1号, 2号を使用した。供試菌としてトマト根腐萎ちょう

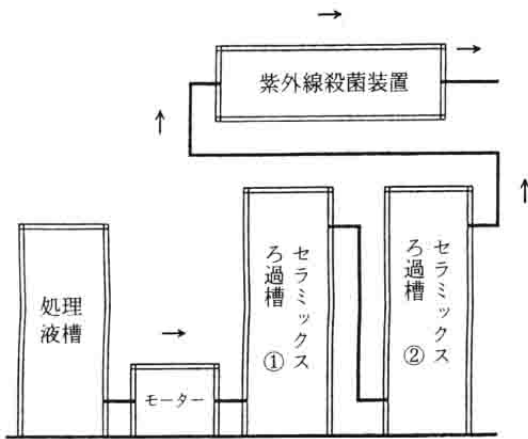


図3 紫外線・セラミックス併用殺菌装置の略図

う病菌の野生株 (No. 91121201) から作出した nit 変異菌株^{12, 13)} (菌株 No. 92052101) を用い、定植時 (9月17日) にトマト1株につき 4.5×10^6 の孢子懸濁液を注射器により株元に注入接種した。ロックウール栽培システムに紫外線・セラミックス併用殺菌装置を設置し、病原菌を接種したスラブから経時的に回収した排液を、①紫外線殺菌のみ②セラミックスろ過と紫外線殺菌の併用で処理し、別の無接種のスラブに点滴灌水した。紫外線ランプは9本点灯し、処理液の流量は毎分20Lとした。回収した排液中の装置通過前後のフザリウム菌数を駒田培地で調査し、nit 変異菌株数を MMCPA 培地³⁾ で調査した。また、同液の装置通過前後の UVC (253.7nm) 吸光度を分光光度計 (島津社製 UV-150) により測定し、紫外線透過率を算出した。

2) 試験2 (1993年)

農業技術センター場内のガラス温室においてトマト (品種ハウス桃太郎) のロックウール栽培を行った。1993年8月18日に播種し、8月31日にスラブ (1.8m × 0.3m × 0.1m) 当たり7株定植した。培養液は大塚液肥1号、2号を使用した。供試菌としてトマト根腐萎ちょう病菌の nit 変異菌株 (菌株 No. 92052101) を用い、定植12日後 (9月12日) にトマト1株につき 5.2×10^6 の孢子懸濁液を注射器により株元に注入接種した。

ロックウール栽培システムに紫外線・セラミックス併用殺菌装置を設置し、病原菌を接種したスラブから回収した排液をセラミックスろ過と紫外線殺菌の併用で処理し、別の無接種のスラブに点滴灌水した。紫外線ランプは9本点灯し、処理液の流量は毎分20Lとした。トマト根腐萎ちょう病の発病状況を定植136日後に萎ちょう症状、茎下部の褐変の有無、茎下部の nit 変異菌株の保菌を MMCPA 培地で調査した。

結果

1. トマト根腐萎ちょう病菌に対する紫外線の殺菌効果

UVA, UVB を180秒間照射しても菌数は減少せず、根腐萎ちょう病菌に対する殺菌効果は認められなかった (表1)。

UVC については照射時間が長くなるにつれて生存菌数の減少が認められ、 3.2×10^2 個/ml の孢子濃度では80秒間の照射で菌そうが全く形成されなくなった。 3.2×10^3 個/ml の孢子濃度では180秒間の照射で菌そうがわずかに形成された (表1)。UVC による生存菌数の変化を不活性化速度グラフで表したところ、ほぼ直線関係が認められ、生存率 10^{-3} (99.9% 殺菌) を得るには約 $92,000 \mu\text{w} \cdot \text{秒}/\text{cm}^2$ の照射が必要であった (図4)。

2. 有効なる過材の検索

18種類のろ過材について根腐萎ちょう病菌の吸着性を調べた結果、セラミックス10種類については、孢子懸濁液の通過はスムーズであったが、菌の吸着効果はみられなかった。活性炭5種類のうち、綿状の活性炭が著しく高い吸着効果を示した。その他朝明砂、サンゴ砂、パーミキュライトについては本菌の吸着効果はみられなかった (表2)。

3. 培養液の濃度と紫外線透過率

培養液の濃度を変えて UVC (253.7nm) の透過率を測定したところ、蒸留水の透過率を100%とした場合、標準濃度の25%培養液で約77%、同50%培養液で約57%、標準濃度培養液で約33%に減少し、培養液の濃度が高くなるにつれて透過率が減少した (図5)。

表1 紫外線の種類、照射時間がトマト根腐萎ちょう病菌の生存菌数に及ぼす影響 (個/ml)

孢子濃度	紫外線	照射時間 (秒)						
		0	10	30	60	90	120	180
3.2×10^3 個/ml	UVA	525.7	468.0	416.0	469.3	380.0	323.3	434.0
	UVB	525.7	438.7	450.7	452.7	505.3	510.0	552.0
	UVC	525.7	489.7	407.3	223.3	64.7	21.3	3.7
3.2×10^2 個/ml	UVA	167.7	150.3	153.0	151.7	152.3	147.3	140.3
	UVB	167.7	183.3	182.3	158.0	149.7	148.3	177.0
	UVC	167.7	178.7	134.0	52.0	18.3	16.3	0.0

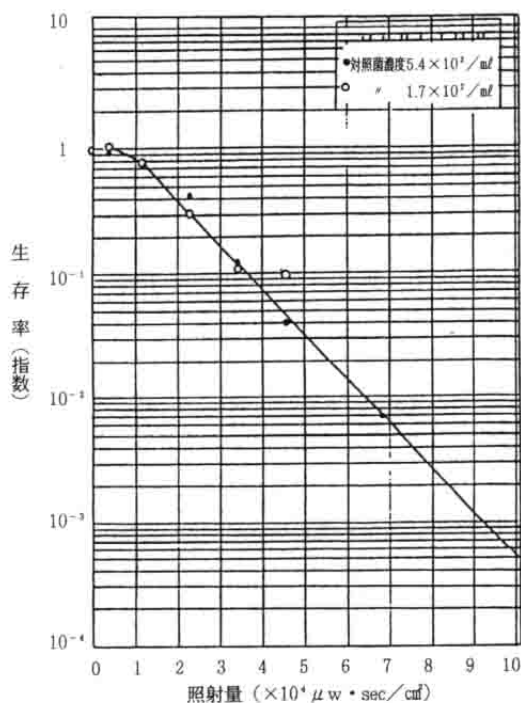


図4 UVC照射量とトマト根腐萎ちょう病菌の生存率との関係

4. 紫外線殺菌装置の殺菌効果

1) 処理液循環方式

根腐萎ちょう病菌の孢子濃度が550個/ml、紫外線ランプ点灯本数が外周の8本、流量が毎分20Lで紫外線

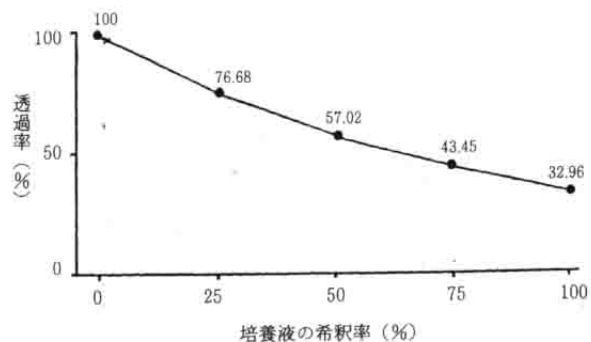


図5 培養液の希釈率と紫外線(UVC)透過率

殺菌装置に孢子懸濁液を循環通過させると、ろ過直後はほぼ完全に殺菌された(表3)。しかし、処理液槽内の菌数については経過時間とともに菌数は減少するが、10分間循環させても完全に殺菌できなかった(表4)。

2) 処理液1パス方式

紫外線ランプの点灯本数は外周を8本点灯し、孢子懸濁液を地下水で530個/mlの孢子濃度で作成すると、装置を通過する流量の多少にかかわらず、根腐萎ちょう病菌は99.96～100%殺菌された。さらに標準液の25%と50%培養液にて55個/mlの孢子懸濁液を作成すると、標準液の25%培養液に較べ同50%培養液で、流量が多いほど根腐萎ちょう病菌の殺菌率が低かった。(表5)

また、流量を20L/分に一定にし、紫外線ランプの外周の点灯本数を変えた場合、地下水では点灯本数の多

表2 ろ過材通過後のトマト根腐萎ちょう病菌数

(個/mL)

No.	ろ過材名	形状等	a) 重量g	処理前	ろ過回数					ろ過時の状況	
					1回	3回	5回	8回	10回	通過時間	濁り
1	セラミックス	球状、径12mm	127.6	198.2	184.3	185.3	196.7	190.7	171.7	短い	なし
2	セラミックス	球状、径9mm	121.8	198.2	194.7	199.7	208.0	159.3	196.7	短い	なし
3	セラミックス	球状、径7～8mm	105.0	198.2	188.3	145.3	190.3	192.7	172.7	短い	なし
4	セラミックス	球状、径5mm	125.4	198.2	188.0	152.3	202.7	189.0	144.3	短い	なし
5	セラミックス	球状、径3～5mm	110.2	198.2	171.0	165.3	186.0	189.7	183.7	短い	なし
6	セラミックス	球状、径3mm	186.1	198.2	172.7	199.0	166.0	174.3	164.0	短い	なし
7	セラミックス	球状、径2mm	79.5	198.2	205.0	166.0	175.7	177.3	198.7	短い	なし
8	セラミックス	球状、径2mm	79.9	198.2	175.7	156.3	160.3	174.0	146.3	短い	なし
9	セラミックス	小粒状、径1.5mm	126.2	198.2	181.3	148.3	202.3	188.3	184.0	短い	なし
10	セラミックス	小粒状、径1.5mm	88.7	198.2	210.0	154.0	203.7	174.0	166.3	短い	なし
11	活性炭 ^{b)}	粒状、不定形	48.6	198.2	—	—	—	—	—	—	—
12	活性炭	粒状、不定形	83.2	198.2	135.0	140.0	157.0	150.0	150.3	やや長い	あり
13	活性炭	やや大粒の砂状	88.7	198.2	175.0	156.0	166.7	154.7	147.3	やや長い	あり
14	活性炭	やや大粒の砂状	98.5	198.2	140.0	146.7	167.7	124.7	113.0	長い	なし
15	活性炭	綿状	4.4	198.2	0	0	0	0	20.7	やや長い	なし
16	砂	朝明砂	177.5	198.2	177.0	172.0	159.0	164.3	182.3	短い	あり
17	サンゴ砂		148.7	198.2	125.7	153.3	156.0	153.3	151.3	やや長い	なし
18	パーミキュライト		14.3	198.2	161.7	189.7	212.0	174.3	156.7	短い	あり

a) ガラス製円柱管に充填したろ過材の重量

b) つまみにより測定不能

表3 処理液循環時の紫外線 (UVC) 通過直後の殺菌効果

経過時間 (分)	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5
生存菌数 (個/mL)	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 紫外線殺菌装置内の紫外線ランプは外周の8本を点灯

表4 処理液循環時の処理液槽内の紫外線 (UVC) 殺菌効果

経過時間 (分)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
生存菌数 (個/mL)	213.8	154.3	78.0	42.0	34.7	16.0	9.3	6.3	4.0	4.0	1.0

注) 紫外線殺菌装置内の紫外線ランプは外周の8本を点灯

表5 紫外線 (UVC) によるトマト根腐萎ちょう病菌の殺菌効果

孢子濃度 (個/mL)	孢子懸濁液の希釈液	紫外線点灯本数		流量 (L/分)	生存菌数(個/mL)	殺菌率 (%)
		60w	90w			
530	地下水	8	0	30	0.1	99.96
				20	0	100
				10	0	100
				0	225.3	
55	標準濃度の25%培養液	8	0	30	0.3	99.31
				20	0.1	99.77
				10	0	100
				0	43.3	
55	標準濃度の50%培養液	8	0	30	3.3	91.36
				20	0.2	99.48
				10	0	100
				0	38.2	
45	標準濃度の25%培養液	8	1	30	0	100
				20	0	100
				10	0	100
				0	37.7	

少にかかわらず、根腐萎ちょう病菌は99.91～99.97%殺菌された。標準液の25%培養液では、紫外線点灯本数を4本まで減らしても、殺菌率は99.97%と高かったが、2本になると殺菌率が91.22%と低下した。標準液の50%培養液では紫外線本数が8本では殺菌率が99.48%と高かったが、6本以下では殺菌率が低下し、2本で54.71%となった(表6)。

次に、紫外線ランプの内側の1本を点灯し、外周のランプの点灯本数を変えた場合、標準液の25%培養液で55個/mlの孢子懸濁液を作成したところ、紫外線点灯本数を最大の9本にすると、流量の多少に関係なく菌は100%殺菌された(表5)。また、流量が毎分20Lの場合、紫外線点灯本数を3本まで減らしても殺菌率は100%であり、内側の1本点灯のとき殺菌率は99.84%であった(表6)。

5. 紫外線・セラミックス併用殺菌装置の効果検定(処理液1パス方式)

紫外線・セラミックス併用殺菌装置の紫外線ランプ点灯本数が9本、セラミックスろ過槽にセラミックス大粒

と同小粒を充填した場合には、殺菌率が100%と高かった。しかし、セラミックスろ過のみでは根腐萎ちょう病菌の吸着効果は認められなかった(表7)。

6. 装置の養液栽培システムへの導入

1) 試験1(1992年)

nit変異菌株を接種したスラブから回収した排液中にnit変異菌株が存在するかどうかをMMCPA培地で調査したが、ほとんど検出されず、*Penicillium*属菌や*Torichoderma*属菌と思われる菌が多く分離された。

同液を駒田培地により分離したところ、スラブから回収した培養液中からは*Fusarium*菌が定植21日後から検出され、定植168日後まで検出された。回収した培養液を紫外線殺菌すると定植64日後までは全て殺菌されたが、定植78日後ではわずかに菌が生存し、定植111日後以降では紫外線の殺菌効果はかなり低下した。紫外線殺菌にセラミックスろ過を併用すると、定植144日後までは菌が検出されず紫外線の殺菌効果が持続されたが、定植168日後には菌が検出された(表8)。

培養液の紫外線透過率は、紫外線殺菌のみの区と紫外

表6 紫外線（UVC）によるトマト根腐萎ちょう病菌の殺菌効果

孢子濃度 (個/mL)	孢子懸濁液の希釈液	紫外線点灯本数		生存菌数(個/mL)	殺菌率(%)
		60w	90w		
530	地下水	8	0	0.2	99.94
		6	0	0.3	99.91
		4	0	0.1	99.97
		2	0	0.1	99.97
		0	0	323.6	
55	標準濃度の 25%培養液	8	0	0.1	99.97
		6	0	0.1	99.97
		4	0	0.1	99.97
		2	0	3.8	91.22
		0	0	43.3	
55	標準濃度の 50%培養液	8	0	0.2	99.48
		6	0	1.1	97.12
		4	0	4.3	88.74
		2	0	17.3	54.71
		0	0	38.2	
45	標準濃度の 25%培養液	8	1	0	100
		6	1	0	100
		4	1	0	100
		2	1	0	100
		0	1	0.06	99.84
		0	0	37.7	

注) 流量を毎分20Lの一定の場合

表7 紫外線・セラミックス併用殺菌装置によるトマト根腐萎ちょう病菌の殺菌効果

菌量 (個/mL)	懸濁液の希釈液	流量(L/分)	紫外線点灯本数		セラミックスろ過	生存菌数(個/mL)	殺菌率(%)
			60W	90W			
45	地下水	20	8	1	有	0	100
		10	8	1	有	0	100
		20	0	0	有	30.6	19.1 ^{a)}
		10	0	0	有	34.0	10.1 ^{a)}
		0	0	0	無	37.8	
	標準濃度の25% 培養液	20	8	1	有	0	100
		10	8	1	有	0	100
		20	0	0	有	40.5	1.2 ^{a)}
		10	0	0	有	35.9	12.4 ^{a)}
		0	0	0	無	41.0	

a) 減菌率を示す。

表8 トマト根腐萎ちょう病菌を接種したトマトのロックウール栽培の排液を殺菌した時の排液中の*F. oxysporum*菌数

殺菌処理	接種(定植)後日数					
	21	64	78	111	144	168
紫外線・セラミックス殺菌後	0	0	0	0	0	61.7
紫外線殺菌後	0	0	1.3	90.0	380.0	83.7
無処理	7.3	30.3	60.0	210.0	553.3	153.3

(個/mL)

線・セラミックス併用殺菌処理区とを比較すると定植35日後までは差はほとんど認められなかったが、定植50日後以降は紫外線・セラミックス併用殺菌処理区よりも紫外線殺菌のみの区が低下した(図6)。

2) 試験2 (1993年)

トマトの発病状況について接種136日後に調査した。萎ちょう症状の発生株率は病原菌を接種したスラブで42.9%であり、病原菌を接種したスラブから回収した培養液を殺菌処理無しで使用したスラブでは14.3%であった。しかし、病原菌を接種したスラブから回収した排液を殺菌処理後、この排液を使用したスラブおよび無接種区では萎ちょう症状は全く発生しなかった(表9)。

茎下部の褐変株率は病原菌を接種したスラブで85.7%で、病原菌を接種したスラブから回収した排液を殺菌処理無しで使用したスラブでは57.1%であった。(表9)。

茎下部の *Fusarium* 菌の nit 変異菌株の保菌状況は、褐変株から分離された *Fusarium* 菌はすべて nit 変異菌株であり、褐変を生じていない株からは nit 変異菌株は検出されなかった(表9)。

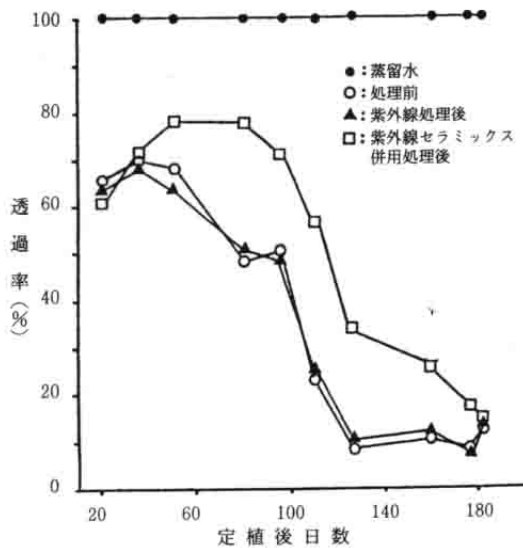


図6 培養液の紫外線(253.7nm)の透過率の変化

考 察

養液栽培において排液を再利用するために排液をセラミックスろ過した後に紫外線殺菌する技術について検討した。

トマト根腐萎ちょう病菌を殺菌する紫外線の線源としてUV-A, UV-Bランプの照射よりもUV-Cランプの照射が高い殺菌効果が得られ、紫外線殺菌装置に用いる紫外線ランプとしてUV-Cランプが最適であった。

また、紫外線ランプの点灯本数、装置を通過する処理液の流量を変えて、殺菌効果を検討したところ、根腐萎ちょう病菌を100%殺菌するには紫外線ランプは9本すべて点灯し、殺菌処理する培養液の流量は毎分20Lが適していると思われる。

ろ過材としてセラミックス、活性炭、その他資材を検討したが、ろ過速度を考慮するとセラミックスがろ過材として優れていた。一般にセラミックスは多孔質のろ過資材として知られており、菌の吸着効果を期待したが、その効果は認められなかった。

紫外線とセラミックスを併用した殺菌装置を試作し、トマトのロックウール栽培システムに組み込み、長期間にわたり排液の殺菌効果と再利用を試みた。回収した排液を紫外線のみで殺菌処理すると定植後64日間の短期間殺菌力を維持できたが、セラミックスでろ過後紫外線で殺菌すると定植後144日間の長期間殺菌力を維持できた。この結果からセラミックスろ過が紫外線の殺菌力を維持するのに有効であると考えられた。さらに、経時的に排液の紫外線透過率を調査した結果からもセラミックスに、ろ過が紫外線透過率の維持に有効であることが確認された。

これらの結果を総合すると、養液栽培に紫外線・セラミックス併用殺菌装置を導入した場合の、殺菌メカニズムは次のように考えられる。すなわち、トマトの生育ステージが進むにつれて回収される排液は、植物組織の老朽化により残渣等が増えるため紫外線の透過率が低下し、紫外線を照射しても殺菌力が低下する。しかし、排液をセラミックスによってろ過すると、フィルター効果により植物残渣等が除去されることから、紫外線照射による

表9 ロックウール栽培トマトの萎ちょう症状、茎下部の褐変発生状況

病原菌接種	排液利用	排液の紫外線・セラミックス処理	調査株数	萎ちょう症状発生率 %	茎下部褐変株率 %	茎下部の nit 変異菌株保菌率 %
有	無	—	28	2.9	85.7	85.7
有	有	有	14	0	0	0
有	有	無	14	4.3	57.1	57.1
無	無	—	7	0	0	0
無	有	無	7	0	0	0

注) 供試品種はハウス桃太郎を使用。1993年8月31日に定植し、同年11月12日に病原菌を接種し、定植136日後に調査した。

殺菌効果が高い状態で維持できたものと考えられた。

実際にトマト根腐萎ちょう病菌を保菌した排水を本装置で殺菌した後、培養液として再利用したところ、根腐萎ちょう病の新たな発病がみられず高い防除効果を示した。ただし、排水を繰り返し利用してトマトを栽培すると養分が欠乏することから肥料成分の補給が必要であり、ECを確認しながら培養液管理をすることにより、トマトの生育は良好となった。このことから、本装置の実用の可能性が高いことが示された。

養液栽培で発生する根部病害に農薬が使用できない現状では、こうした物理的殺菌技術の開発が現場では望まれており、減農薬栽培が推奨される状況下では重要と考えられる。さらには、本システムを用いた殺菌処理で培養液の再利用が可能になれば、減化学肥料栽培を視野にいた環境保全型農業の推進にとって養液栽培は有効な技術になると思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、技術的御指導頂いた農林水産省農業研究センター土壌病害研究室國安克人室長、同室竹原利明氏、同野菜・茶業試験場手塚信夫氏、並びに紫外線殺菌装置の御提供御指導を頂いた中部電力株式会社電気利用技術研究所柳原等氏および小島廣武氏、千代田工販株式会社高橋雄一氏並びに、ろ過装置の御提供を頂いたSPろ過研究所三木啓至氏に多大なるご協力を頂いた。ここに謹んで感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 青山博一・寺田友良・今井俊夫・足立和義・宮田善雄 (1988) : 水耕栽培のためのオゾン・紫外線殺菌装置の開発と効果試験, 日植病報, 54 (3), 412 - 413.
- 2) 養原善和 (1974) : 養液栽培における培養液消毒への殺菌灯の適用, 農業電化, 29, 11 - 13.
- 3) Hardar, E. and J. Katan (1989), The use of Nitrate-Nonutilizing Mutants and Selective Medium for Studies of Pathogenic Strains of *Fusarium oxysporum*. Plant Diseases, 73, 800 - 803.
- 4) 木下繁慶・家村浩海 (1987) : 養液栽培のトマト青枯病に対する紫外線殺菌灯の水中照射による防除効果, 日植病報, 53, 396 - 397.
- 5) 草刈眞一・田中 寛・山田貴義 (1980) : 水耕栽培におけるミツバ立枯病の発生と遊走子形成におよぼす水耕培養液濃度の影響, 関西病虫研報, 22, 1 - 5.
- 6) 草刈眞一・田中 寛 (1986) : 高濃度水耕培養液中における *Pythium butleri* 遊走子の被嚢とハウレンソウ苗立枯発生への影響について, 日植病報, 52 (1), 1 - 7.

- 7) 草刈眞一・岡田清嗣・森田政明・洞口公俊 (1992) : 紫外線殺菌灯 (流水殺菌灯) による水耕培養液の殺菌効果, 大阪農技セ研報, 28, 13 - 18.
- 8) 長江春季 (1980) : 水耕培養液中への銅繊維投入によるキュウリ疫病の防除, 今月の農業, 24 (10), 44 - 47.
- 9) 長江春季・田上征夫・富川 章 (1980) : 水耕栽培におけるキュウリ疫病の防除 第2報 紫外線照射装置ステリトロンの利用による防除, 三重農技セ研報, 8, 36 - 40.
- 10) 新本正義・宮田善雄・正子 朔 (1988) : 水耕栽培システムにおける植物疾病の物理的防除とくに疫病および青枯病に対する紫外線ならびオゾン処理効果, 日植病報 44 (3), 405.
- 11) Runia, W. Th., Van Os, E. A., and Bollen, G. J. (1988), Disinfection of drinwater from soilless by heat treatment. Nether. J. Sci. 36 (2), 231 - 238.
- 12) 竹原利明 (1992) : 糸状菌における nit 変異株の作出と利用, 植物防疫, 46 (10), 395 - 399.
- 13) 竹原利明 國安克人 (1994) : nit 変異株を用いたフザリウム病の発生生態の解明, 日植病報, 60, 699 - 704.
- 14) 田中和夫・馬場 勝・島地英夫 (1992) : ロックウール栽培における排水液の加熱殺菌による再利用, 生物環境調節, 30, 17 - 22.
- 15) 山岸久芳・田中 薫 (1991) : セラミックス資材による (BKサンド405) のトマト青枯病菌に対する効果 (1) in vitro における殺菌作用, 関東東山病虫研報, 38, 71 - 73.

Control of *Fusarium* Crown and Root Rot of Tomato by The Sterilizer with Ultraviolet Rays and Ceramics in Hydroponic Culture

Katsutoshi KURODA, Mitsuru KOHNO and Akira TOMIKAWA

Abstract

Present work was undertaken to clarify the control effect of *Fusarium* crown and root rot of tomato by the sterilizer with ultraviolet rays and ceramics. The sterilizer was made up of three main parts, (1) Pre-tank filled with culture solution (2) Two tanks filled with two kinds of ceramic grains (5mm or 9mm in diameter) (3) Column irradiated by 9 ultraviolet (UVC) lamps laid with the culture solution flowing through tube. High sterilizing effect against to *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* has been obtained on condition that flow speed of culture solution was 20 liter per minute and UVC irradiation amount was 575,200 $\mu\text{W} \cdot \text{sec} / \text{cm}^2$. Ceramics effectively eliminated plant debris from culture solution, so subsequently culture solution was kept clean and high control effect was preserved in long term. When the sterilizer was set in the nutriculture of tomato, *Fusarium* crown and root rot was suppressed during 144 days after transplantation. Furthermore tomato has been cultivated in the sterilized culture solution inoculated with *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis lycopersici* but *Fusarium* crown and root rot was not seen.

Key word : tomato ; nutriculture ; *Fusarium* crown and root rot ; the sterilizer with ultraviolet rays and ceramics