

特集：ピシウム病害

養液栽培における *Pythium* 根腐病の発生生態と防除

大阪府環境農林水産総合研究所 章 劉 眞 一

はじめに

養液栽培は、培養液を作物の根部に供給して栽培する方式で、養分吸収も制御でき、作物の生育も早く、高品質の収穫物が得られるのが特徴で、導入する農家も増えて、栽培面積は、年々10%割合で増加している。最近では、10 ha 以上もある大型施設や閉鎖系の植物工場にも養液栽培が導入されているが、養液栽培には、培養液伝染性の病害による被害があり、大型化した施設では、被害が発生すると大きな問題となる。培養液伝染性病害は、養液栽培の発展にもかかわる問題であり、防除を含めて病害の発生を抑制する栽培環境の改善も考えていく必要がある。

I 養液栽培で発生する病害と病原菌

養液栽培で発生する病害は、栽培の方式によって異なり、湛液式（水耕栽培）では *Pythium* や *Phytophthora* 属菌による被害が、固形培地を用いるロックウールなどでは、*Pythium* 属菌に加えて、*Fusarium* 属菌による被害が多く見られる。また、青枯病菌による被害は、湛液式、固形培地方式で共通して発生が認められ、これらの病害以外にも、トマト黒点根腐病 (*Colletotrichum atramentarium*) や黒根病 (*Chalara elegans* <*Thielaviopsis basicola*>: 花卉類やハーブ類に発生) のように土耕栽培ではそれほど大きな被害とならない病害が多発することもある。

養液栽培で被害の問題となるのは、*Pythium*、*Phytophthora* 属菌等水生菌類による病害で、表-1 に本邦で発生した *Pythium*、*Phytophthora* 属菌による病害をまとめたが、*Pythium* 属菌では、*P. aphanidermatum*、*P. myriotylum*、*P. helicoides*、有性器官を形成しない *Pythium* sp. group F 等多種の被害が認められる。また、これらの鞭毛菌類同様、遊走子を形成する *Olpidium* 属菌による根の感染症も最近発生が問題となっている。

II *Pythium* 属菌による病害の発生要因

土耕栽培において *Pythium* 属菌による病害は、苗立枯病や根腐病として認められるが、成熟した作物を枯死さ

せることは少ない。しかし、養液栽培では、キュウリやトマトの収穫最盛期の植物が数日で枯死し、施設全体の作物が枯死することもめずらくない。養液栽培における *Pythium* 属菌による被害の大きくなる原因としては、養液栽培の特有の栽培方式に起因すると考えられる。

1 遊走子の感染能力の優位性

Pythium 属菌は、遊走子を形成して伝染するが、培養液中の遊走子密度と発病については、2.2 ~ 20 cfu/ml (MENZIES, 1996)、0.3 cfu/ml (北島ら, 2005) という報告があり、*P. aphanidermatum* では、2 cfu/ml の密度で7日後に発病が認められ (図-1)、極めて低い遊走子密度で発病する。*Pythium* 属菌の遊走子は、寄主根に対して走性を示して効率的に感染する能力があり、培養液中に遊走子を接種すると、根冠部よりやや上部に集積して感染し、1 ~ 4 時間以内に寄主根に侵入する (口絵)。病害の初発時点で培養液中の病原菌の遊走子の検出は難しく (SANOGO and MOORMAN, 1993)、被害が発生すると、培養液中に遊走子が罹病根から放出され、循環する培養液によって施設内の作物にまん延し被害が増加する。

2 微生物数が少ない

湛液式の養液栽培（水耕など）では、培養液中の微生物数は $10^4 \sim 10^5$ cfu/ml、固形培地方式（ロックウールなど）では、 $10^5 \sim 10^6$ cfu/ml であり土壤中の微生物密度 ($10^7 \sim 10^8$ cfu/g soil) に比較すると根圏に棲息している微生物密度は低く、低菌密度が本菌の感染を容易にしていることが指摘されている (Tu et al., 1999)。養液栽培でも、根域に微生物数の多いロックウールなどの固形培地方式では、湛液式の養液栽培に比較し、*Pythium* 根腐病の被害発生は少なく、また、蔓延して全滅することは少ない。

培養液は無機塩類で構成されているが、有機物を培養液成分にした有機水耕栽培では、培養液中の微生物数が 10^8 cfu/ml 以上に達し、作物根は微生物に刺激された細根分化が促進され、根毛の多い根が形成される（水耕栽培の根は、根毛のほとんどない直根である）。微生物密度の高い有機水耕では、青枯病菌接種条件下で被害発生が抑制されることが報告されている (篠原, 2007)。培養液中に微生物が多数存在することは、微生物間の拮抗作用もあり、被害発生抑制効果が高いと考えられる。拮

Etiology and Protection of *Pythium* Root Rot Disease in Hydroponics. By Shin'ichi KUSAKARI

(キーワード: 養液栽培, *Pythium*, 防除)

表-1 本邦において報告された養液栽培で発生した病害と病原菌

作物	病名	病原菌	方式	報告者・報告府県名	年度	雑誌
トマト	立枯病	<i>Phthium debaryanum</i>	礫耕	中山	1950	日植病報 14: 50
キュウリ	疫病	<i>Phytophthora</i> sp.	礫耕	鈴木・森	1963	日植病報 28(5), 299 ~ 300
果菜類	疫病	<i>Ph. sp.</i>	礫耕	芳岡	1966	植物防疫
スギ	根腐症	<i>P. sp.</i>	水耕	小林他	1970	日植病報 36: 369
バラ	疫病	<i>Ph. megasperma</i>	水耕	長井他	1975	日植病報 41: 254
ミツバ	根腐病	<i>P. sp.</i>	水耕	宮田他	1977	日植病報 43: 338
ミツバ	根腐病	<i>P. sp.</i>	水耕	草刈他	1977	日植病報 43: 369
トマト	疫病	<i>Ph. sp. Ph. capsici</i>	水耕	森田他	1977	日植病報 43: 104
ミツバ	根腐病	<i>P. aphanidermatum, P. apleroticum</i>	水耕	一谷他	1979	関西病虫研報 22: 76 ~ 77
トマト	根腐病	<i>P. myriotylum</i>	水耕	草刈他	1981	日植病報 47: 387
トマト	根腐病	<i>P. dissotocum</i>	水耕	草刈他	1982	日植病報 48: 349
ハウレンソウ	立枯病	<i>P. aphanidermatum</i>	水耕	松谷他	1994	関病 36: 105
マーシュ	根腐病	<i>P. sp.</i>	水耕	草刈他	1995	日植病報 61: 220 ~ 221
ディル	根腐病	<i>P. sp.</i>	水耕	草刈他	1995	日植病報 61: 220 ~ 221
ハウレンソウ	立枯病	<i>P. spp.</i>	NFT	福島県	1996	Web
ハウレンソウ	根腐病	<i>P. aphanidermatum, P. ultimum</i>	水耕	草刈	1996	近畿中国農業研究 92: 3 ~ 7
ガーベラ	根腐病	<i>Ph. megasperma</i>	ロックウール	植松	1997	日植病報 63: 203
ガーベラ	根腐病	<i>Ph. cryptogea</i>	ロックウール	植松	1997	日植病報 63: 204
ガーベラ	疫病	<i>Ph. sp.</i>	ロックウール	福島県	1998	Web
ミツバ	立枯病	<i>P. spp.</i>	湛液式	福島県	1998	Web
バラ	根腐病	<i>P. helicoides</i>	養液栽培	景山他	1998	日植病報 64: 629
イチゴ	疫病	<i>Ph. cactorum</i>	ロックウール	福島県	1999	Web
カランコエ	根腐病	<i>P. myriotylum, P. helicoides</i>	水耕	渡辺他	2001	日植病報 68: 77
シュンギク	根腐病	<i>P. sp. P. myriotylum</i>	水耕	瓦谷他	2002	日植病報 68: 313 ~ 317
イチゴ	根腐病	<i>P. helicoides</i>	固形培地	長野県	2005	Web
イチゴ	根腐病	<i>P. helicoides</i>	ロックウール細粒綿	鈴木他	2005	日植病報 71: 209
ガーベラ	根腐病	<i>Ph. cryptogea</i>	ロックウール	永坂他	2006	北日本病虫研報 57: 223
ゼラニウム	茎腐病	<i>P. irregulare</i>	底面吸水	渡辺他	2006	日植病報 72: 224 ~ 224
ゼラニウム	茎腐病	<i>P. splendens, P. sp.</i>	底面吸水	渡辺他	2006	日植病報 72: 224 ~ 225
ネギ	疫病	<i>Ph. nicotianae</i>	水耕	千葉県	2007	Web
ナス	根腐病	<i>P. myriotylum</i>	水耕	岡田他	2009	関西病虫研報 51: 69 ~ 71
ペゴニア	根腐病	<i>P. helicoides</i>	底面吸水	宮崎他	2009	関西病虫研報 51: 53 ~ 54
ミニセリリー	根腐病	<i>P. dissotocum</i>	養液栽培	岡田他	2010	関西病虫研報 52: 57 ~ 60

抗微生物を培養液中に導入する方法もあるが、有機培地等など利用して自然発生の微生物を利用する方法もある。

3 溶存酸素の低下

夏期高温時、培養液の温度が上昇すると溶存酸素濃度が低下する。*Pythium* sp.によるトマトの根腐病では、低溶存酸素条件下によって、根における Lipoxigenase の活性を増加させ、細胞膜の脂質の分解を増加させて *Pythium* sp.の感染を誘導していることが報告されている (CHERIF et al., 1997)。一般的に養液栽培では、高温、低酸素条件は根傷みを誘導し、これが *Pythium* 属菌の感染を助長するとされ、根の抵抗性低下や組織分解が根腐病発生の原因となっていることが考えられる。夏期高温時において、根腐病の発生が多い原因の一つに、溶存酸素低下による根傷みが考えられる。

III 養液栽培における培養液伝染性病害の防除

1 培養液の殺菌

養液栽培において根部を侵す培養液伝染性病害を持ち込むことは、栽培上、致命的な欠陥となる。圃場で発生する病害に対しては、薬剤防除ができるが、養液栽培では、農薬登録上、培養液中に投入して使える有機殺菌剤はない。養液栽培の培養液中に添加して使えるのは、金属銀剤 (オクトクロス) のみである。

培養液中に侵入した病原菌の殺菌については、紫外線、オゾン、ろ過、熱、光触媒等の方法が検討されてきた。

(1) 紫外線

培養液の殺菌処理に要する紫外線照射線量は、トマト根腐萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp.) で 92 mJ/cm²,

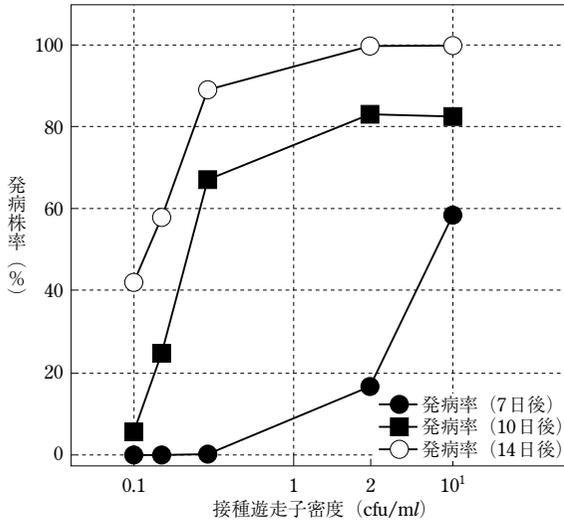


図-1 *P. aphanidermatum* の遊走子密度とキュウリ根腐病発生

園試処方 0.5 単位の培養液に *P. aphanidermatum* の遊走子を所定量接種し、キュウリを定植して発病率を調査した。7 日後では、2 cfu/ml で根の腐敗が発生している。長期間の栽培では、さらに低濃度で被害が発生する。

トマト灰色疫病菌 (*Phytophthora capsici*) で 105 mJ/cm²、トマト根腐病菌 (*Pythium myriotylum*) で 66 mJ/cm²、*Pythium* 属菌で 123 ~ 250 mJ/cm² とされる (黒田ら, 1996)。

紫外線殺菌の長所は、環境への安全性と広範囲の微生物に対する効果、栽培装置への設置の容易性が挙げられる。しかし、紫外線は微生物に直接照射されることが必要で、培養液中の残根内の病原菌には効果が得られない。また、紫外線によって、キレート化合物が分解し、鉄、マンガン等の微量元素が不溶化して、作物に養分欠乏症が発症することもある (草刈, 1990)。培養液の状態 (濁度、濃度) が紫外線照射量に影響することがあるので、設置にあたっては、培養液中で実際に処理して防除効果を確認する必要がある。また、紫外線殺菌装置には、ろ過式のフィルターを設置して、培養液中の夾雑物を除去する必要がある。

(2) オゾン

オゾンによる殺菌では、培養液中にガス状オゾンを曝気する方法と、オゾンガスを溶解したオゾン水を培養液として用いる方法がある。オゾンガスによる殺菌は、濃度と処理時間の積で決まり (CT 値)、比較的低濃度のオゾンガスでも処理時間を長くすると十分殺菌できる。養液栽培の培養液中の植物病原菌に対しては、50 ~

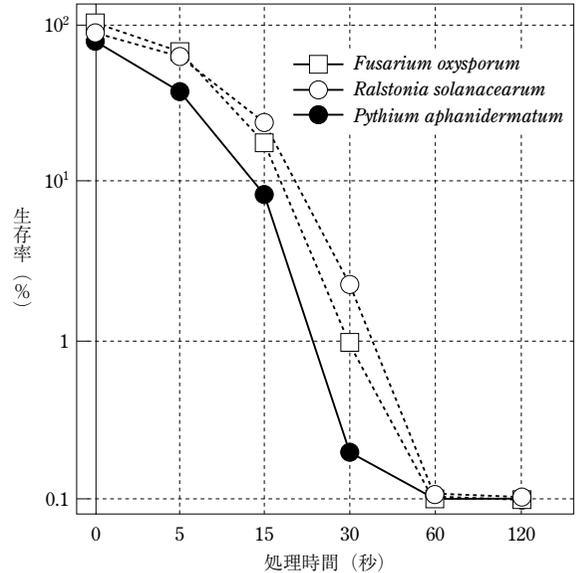


図-2 オゾンガスによる植物病原菌の殺菌

100 l の水耕培養液中においてオゾンガスを曝気し、植物病原菌の殺菌効果を調べた。オゾンガスは 50 ppm の濃度を 30 l/分で処理した。

150 ppm オゾンガス処理が使われる。50 ppm のオゾンガスを 100 l の培養液に毎分 30 l 処理した場合、青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum* : 菌体)、萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* : 小型分生子)、根腐病菌 (*Pythium aphanidermatum* : 遊走子) が 30 ~ 60 秒で殺菌される (図-2) (草刈, 2000)。また、オゾンガスを溶解したオゾン水では、0.3 ~ 0.5 ppm のオゾン濃度で 30 ~ 60 秒以内に根腐病菌遊走子が死滅する。

オゾンガス曝気装置は多数販売されており、紫外線とオゾンを組合せた殺菌装置も販売されている。

(3) ろ過殺菌

1) 緩速ろ過 (slow sand filtration)

培養液を砂層を用いて低流速でろ過する方法で、砂層による篩効果と砂層内に定着した微生物による拮抗作用で病原菌が除去できる (van Os. et al., 1999)。砂層は、処理時間が経過するほど砂層内の微生物密度が高くなり、病原菌の処理能力が高くなる。緩速ろ過は、培養液量の少ない NFT や、流量の少ないロックウール等の栽培に利用される。

2) 抗菌ろ過装置

ろ材に抗菌資材を利用することで、フィルターの除菌効果を高めることができる。ろ過フィルターには、篩別により除菌するスクリーンフィルターと、ろ過層により除菌するディプスフィルターがある。前者は、篩の目を

を小さくすることで、高い除菌効果を得ることができるが、目詰まりを起こしやすい欠点がある。後者は篩の目は粗く、目詰まりしにくい特徴があり、フィルター層に殺菌作用のあるろ材を用いることで、除菌効果を高めている。口絵⑥に示したのは、銀担持ポリプロピレン繊維製の抗菌フィルター（バクテクリン Ag：金井重要工業（株））で、培養液を通過させることで培養液中の *Fusarium oxysporum*（トマト萎凋病菌）の小型分生子、*Pythium* 属菌の遊走子を除菌できる。また、銀担持セラミックを用いた除菌フィルター（ケンコーネ：東京窯業（株）TYK）も販売されており、 $10\mu\text{m}$ のフィルターによって、青枯病菌のような細菌も除去できる。

3) 限外ろ過膜

UFろ過膜（限外ろ過膜）を用いた除菌装置は、 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ のフィルターで、ほとんどの植物病原菌が除去できる。紫外線照射装置の併用によって、養液栽培のバラに発生する疫病を防除できることが報告されている（植松ら，2007）。UFろ過膜では、夾雑物によりフィルターの目詰まりが発生するが、逆洗洗浄装置を設置することで膜の再生が可能となる。

（4）熱殺菌

養液栽培で発生する *Pythium* 属菌や *Ralstonia* 属菌は、 $50\sim 60^\circ\text{C}$ の比較的低温で殺菌することが可能である（竹内，1995）。培養液の加熱殺菌処理は、熱交換機を利用した装置が開発されており（田中ら，1992）循環式の養液栽培施設で利用されている（図-3）。しかし、加熱殺菌では、培養液温度が上昇する欠点があり、培養液冷却や放熱が必要となり、湛液式の養液栽培では利用が難しい。

熱殺菌は、資材、栽培槽の殺菌には有効で、定植用のパネルなどの殺菌には温湯による殺菌装置が販売されている。養液栽培システムには、発泡スチロールが多用されているが、植物の根は容易に発泡スチロール内に入り込み、また、劣化した発泡スチロールは培養液が内部に容易にしみこみ、発泡スチロール内部まで病原菌により汚染する。汚染した発泡スチロールは次亜塩素酸塩などによる表面殺菌では殺菌することは難しく、熱による殺菌が必要である。

（5）金属銀剤

養液栽培では、培養液の殺菌処理を導入しても発病することがあり、防除する資材が必要となる。防除に用いられる有機殺菌剤には、病原菌を殺菌できる資材があるが、養液栽培の培養液に投与して使える使用登録のある薬剤はない。唯一、無機系の金属銀剤（オクトクロス）が野菜の水耕栽培で発生する根腐病防除に利用できる（草刈ら，1998；草刈，2003）。

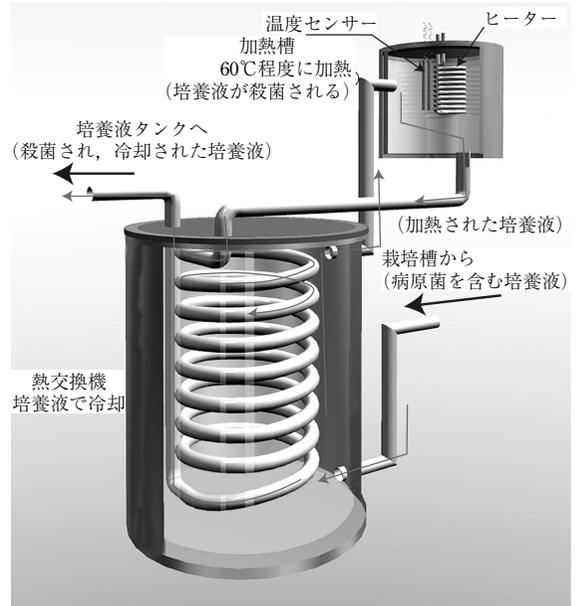


図-3 熱交換機を利用した培養液殺菌装置

（田中和夫ら（1992）：生物環境調節 30：17～22による）

オクトクロスは、銀イオンが培養液中に徐放して病原菌を殺菌する資材で、所定量の銀を徐放させるためには培養液中に16時間以上浸漬しておく必要がある。また、接触型の殺菌資材で、作物体に侵入した病原菌には十分効果が得られない。

（6）光触媒

光触媒（Photo-catalytic materials）は、光照射により酸化反応など化学反応を触媒する作用を示す物質の総称で、酸化チタン、酸化タングステンや銀化合物等が知られている。酸化チタンは、光（光子）によって酸化チタンに荷電分離が発生し、酸化や、還元反応の触媒作用をするもので、酸化チタン表面に水が存在すると、ヒドロキシラジカル（OH）やスーパーオキシドアニオン（O）を生じ、これによって病原菌が殺菌される。

養液栽培の培養液を光触媒で処理することで、培養液中にヒドロキシラジカルを生成して微生物を殺菌するとともに、培養液中の有機物質などを分解することができる。

培養液の酸化チタン光触媒（紫外光励起）処理では、培養液中の肥料成分には変化を認めないが、微生物数は1/3に、また、有機培地から生じる有機炭素量が、慣行区では時間とともに増加する（培地からしみ出る有機成分により作物の生育が阻害される）のに対して、光触媒区ではほとんど増加せず、生育も良好になる（深山・橋本，2002）。

光触媒による病害防除効果については、愛知県でシクラメン萎凋病、バラ根腐病、バラ疫病、徳島県と大阪府(板東ら, 2008)で、キュウリ根腐病(表-2)、トマト根腐病について効果のあることが報告されている。

2 Pythium 根腐病の発生生態による防除

(1) 培養液温度の制御

Pythium 根腐病の発生は、夏期高温時に被害が多い。*P. aphanidermatum*, *P. myriotylum*, *P. sp. group F* 等による根腐病は、培養液温度が25℃以上の高温時に発生し、28℃を超えると数日で作物が全滅する。高温性の *Pythium* 属菌の病害に対して、培養液温度の制御が被害発生、蔓延に効果的で、*P. sp. group F* によるミツバ根腐病では、チラーで培養液温度を低温制御することで被害発生が軽減でき、24℃で発病率は40%ほど減少し、さらに、20℃に制御した培養液では、ほとんど発病が見られなくなる(図-4)。

しかし、低温環境下においても、病原菌は根に生存しており、培養液温度が適温になると再び発症する。*P. aphanidermatum* によるトマト根腐病は、4~5月の発生では、温度上昇とともに多発傾向となるが、10月以降、温度の低下する時期では、収束に向かうことがある。高温性の *Pythium* 属菌の病害では、培養液温度の制御は、被害蔓延防止の重要な要素ではある。しかし、病原菌の感染により作物は被害を受けており、感染程度によっては生育や収量への影響は避けられないので注意が必要である。

(2) 培養液の濃度, pH

Pythium 属菌の遊走子形成を抑制すると、被害蔓延を

抑制できる。遊走子は、高浸透圧下で形成、遊泳運動が抑制され、低 pH 下でも遊走子形成が抑制される。ミツバでは、水耕栽培の培養液を標準の2単位以上の高濃度培養液(高浸透圧化)にし、pHを5.0程度で管理すると被害発生が軽減される。培養液濃度, pHの制御は、果菜類では、作物の生育管理上から難しいが、ミツバでは、草丈などへの影響はあるが、根腐病の抑制効果が期待できる。しかし、高濃度の培養液は、植物の根にストレスを与え、感染を誘導するとされ、*Phytophthora cryptogea* による根腐病では、高浸透圧ストレスで根の表皮が障害を受け、遊走子の感染が増加して発病が増加することが報告されている(Mac DONALD, 1981)。また、培養液の窒素レベルが高いと、*Pythium* 根腐病の発生が増加する事例もあり(MOORMAN, 1986)、根に対する浸透圧ストレスや高窒素濃度は、生育期間中、被害増加に注意も必要である。

(3) 亜リン酸肥料

ホセチルアルミニウムは亜リン酸を主体とした薬剤で、疫病や根腐病に効果を示し、防除効果はこの亜リン酸に依存している。亜リン酸は、リンのオキソ酸で、リン酸同様、肥料成分と考えられ、亜リン酸肥料として肥料登録されている。培養液中に、この亜リン酸を加えることで、*Pythium* 根腐病の発病を抑制できることが多数報告されている(FORESTER et al., 1998; 草刈ら, 2000; HYEONG JIN et al., 2002)が、亜リン酸による *Pythium* 属菌の生育阻害効果は低く、農業のように根腐病が発生してから培養液に投与しても効果はない。栽培開始時より

表-2 銀担持光触媒殺菌装置によるキュウリ根腐病の防除効果と病原菌

試験区における防除効果

調査日	銀担持光触媒区				無処理区				無接種対象			
	調査株数	枯死株数	萎凋株数	根の変色	調査株数	枯死株数	萎凋株数	根の変色	調査株数	枯死株数	萎凋株数	根の変色
8/12	21	0	0	0	21	0	0	0	21	0	0	0
8/21	21	0	0	0	21	0	4	4	21	0	0	0
8/24	21	0	0	0	21	0	21	21	21	0	0	0

無処理区では、8/21日以降発病が観察されたが、銀担持光触媒区では8/24まで発病を認めなかった。

試験区における病原菌の検出

試験区	調査個体数	根の褐変個体数	病原菌検出数	病原菌検出率(%)
銀担持光触媒区	21	0	0	0
無処理区	21	21	21	100
無接種対象	21	0	0	0

無処理区の罹病植物からは、すべて、*P. aphanidermatum* が検出されたが、銀担持光触媒区からは検出されなかった。

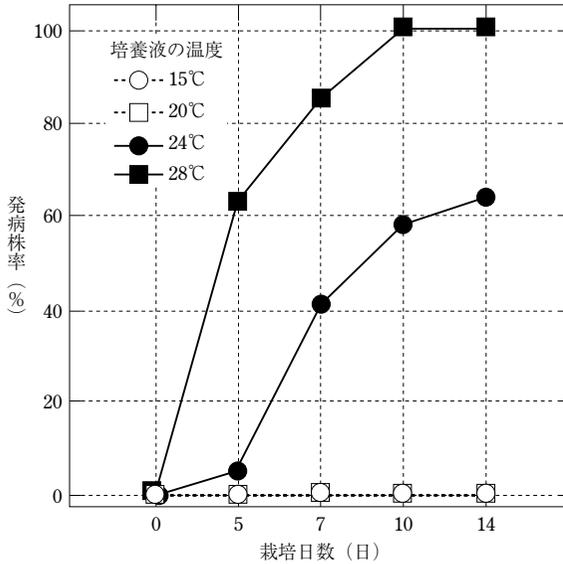


図-4 培養液温度とミツバ根腐病の発病率
培養液温度の異なる条件下で、病原菌を接種した栽培装置にミツバを定植後、経時的に発病率株率を調査した。

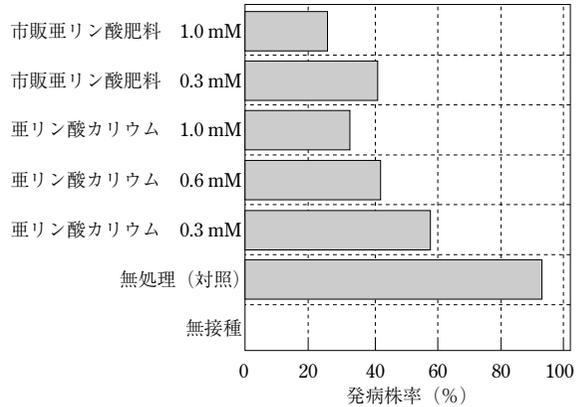


図-5 亜リン酸によるキュウリ根腐病の防除効果
キュウリ根腐病菌を接種した培養液に、市販の亜リン酸肥料および亜リン酸カリウムを添加し、被害発生状況を調査した。亜リン酸を添加した区では、根腐病の発生率は、無処理区より低くなった。

培養液に添加し、作物にあらかじめ亜リン酸を吸収させておく必要がある。*Pythium* 根腐病は、亜リン酸カリウムを培養液に 0.3 ~ 1.0 mM の濃度で、あらかじめ培養液に添加して栽培することで発病抑制効果が得られる (図-5)。尚、亜リン酸は肥料としてのみ利用でき、防除資材として使うことはできない (農業取締法)。しかも、農薬であるホセチルアルミニウムの残留基準の関係上、亜リン酸の残留量が増えると問題となることがあり、肥料としての使用量についても注意が必要である。市販の亜リン酸肥料は、10,000 倍希釈程度肥料として添加するが、亜リン酸肥料の添加は、培養液中のリン酸吸収にも影響し、高濃度で添加すると生育抑制を起こすことがあるので注意が必要である。

おわりに

養液栽培に対する防除対策については、紫外線、オゾン殺菌装置等、実用化装置も販売されるようになってきた。しかし、一度病害が発生すると、被害が繰り返される事例があり、栽培施設における圃場衛生管理が今後重要になると考えられる。養液栽培が水を使う栽培であることから、藍藻や緑藻が繁殖する環境があり、*Pythium* 属菌はじめ *Olpidium* 属菌等の水生菌類の多くは、これらの藻類などに感染して増殖する。また、これらの藻類

を餌とする小昆虫がこれらの病原菌を媒介することも知られている。養液栽培施設について、微生物や藻の付着しにくい抗菌資材の活用や、洗浄しやすい構造にするなど、栽培に影響を及ぼす有害生物を排除できる施設とすることが必要である。

また、生産現場では、圃場衛生の徹底管理が重要で、特に、生食用野菜を生産する植物工場などの施設では、大腸菌などの衛生微生物を含め、微生物管理の徹底が必要で、生産物の GAP 管理や職員の衛生管理としての 7S の導入など、消費者への安全を提供できる環境の確立が求められる。

引用文献

- 1) 板東一宏ら (2008) : 園芸学研究 7 : 309 ~ 315.
- 2) CHÉRIÉ, M. et al. (1997) : European Journal of Plant Pathology 103 : 255 ~ 264.
- 3) FORESTER, H. et al. (1998) : Plant Dis. 82 : 1165 ~ 1170.
- 4) HYEONG JIN, J. et al. (2002) : Plant Pathol. J. 18 : 42 ~ 146.
- 5) 北島徳泰ら (2005) : 日植病報 71 : 212.
- 6) 黒田克利ら (1996) : 三重農技七研報 24 : 7 ~ 15.
- 7) 草刈真一 (1990) : 植物防疫 44 : 267 ~ 271.
- 8) ————ら (1998) : 日植病報 64 : 50 ~ 56.
- 9) ———— (2000) : 植物防疫 54 : 363 ~ 368.
- 10) ————ら (2000) : 日植病報 66 : 296.
- 11) ———— (2003) : 植物防疫 57 : 325 ~ 329.
- 12) MAC DONALD, J. D. (1981) : Phytopathology 72 : 214 ~ 219.
- 13) MENZIES, J. G. et al. (1996) : Can. J. Plant Pathol. 18 : 50 ~ 54.
- 14) MOORMAN, G. W. (1986) : Plant Dis. 70 : 160 ~ 162.
- 15) 深山陽子・橋本和仁 (2002) : 施設と園芸 119 : 16 ~ 19.
- 16) SANOGO, S. and G. W. MOORMAN (1993) : Plant Dis. 77 : 287 ~ 290.
- 17) 篠原 信 (2007) : 植物防疫 61 : 17 ~ 20.
- 18) 竹内妙子 (1995) : 同上 49 : 426 ~ 429.
- 19) 田中和夫ら (1992) : 生物環境調節 30 : 17 ~ 22.
- 20) Tu, J. C. et al. (1999) : Acta Horticulturae 481 : 577 ~ 586.
- 21) 植松清次ら (2007) : 日植病報 72 : 248.
- 22) van Os, E. A. et al. (1999) : Acta Horticulturae 481 : 519 ~ 526.