

特集：施設環境制御と病害防除〔3〕

養液栽培の培養液管理による根部病害の防除

千葉県農業試験場 ^{たけ}竹 ^{うち}内 ^{たえ}妙 ^こ子

はじめに

養液栽培の歴史は浅く、実用的な栽培が始まったのはおよそ50年前のことである。我が国では昭和30年代にれき(籾)耕栽培が実用化し、昭和40年には15haの栽培が行われるようになった。昭和44年ごろから水耕の実用的なプラントが開発され、昭和50年の栽培面積は105haとなった。その後、NFT(Nutrient Film Technique, 薄膜水耕法)、ロックウール(Rockwool)栽培の導入により、平成3年の栽培面積は474ha(野菜410ha, 花き64ha)に達している。これは野菜及び花きの施設栽培面積全体の約0.8%に当たる。

養液栽培の普及で、ネックとなるのは経済性、栽培管理の困難さと、根部病害の発生である。本来、土壌病害からの回避が、その導入の目的の一つであったにもかかわらず、実際には根部病害の発生が絶えない。養液栽培の根部病害を回避するには、病原菌を施設内に持ち込まないことと、病原菌の繁殖を防止する環境、病原菌の感染防止のための圃場管理が重要である(ZINNEN, 1988)。養液栽培は、土耕栽培に比べて、ある意味で根圏環境を制御しやすい。そのため、培養液を調整することによって病害の発生を抑制することも可能である。ここでは、培養液管理によって根部病害を制御する方法について取りまとめた。

I 養液栽培の様式

養液栽培の様式は、作物の根を支持する物の有無から固形培地方式と非固形培地方式に大別され、固形培地方式の中に砂耕、れき耕、ロックウール耕などが、非固形培地方式の中に水耕、噴霧耕などが含まれる。水耕は湛液型とNFTに分けられる。野菜では湛液型が栽培面積の54%を占め、次いでNFTが21%、ロックウール耕が18%となっており、花きではロックウール耕が72%となっている(平成3年)。作物としてはミツバ、トマト、サラダナ、ネギが上位を占めているが、そのほか、多くの作物が栽培されている。それぞれの栽培様式によって培養液量は異なり、発生する病害も異なっている。

II 養液栽培で発生する根部病害

養液栽培で発生する病害は様々であるが(鈴木・森田, 1964; JENKINS and AVERRE, 1983; 森田・手塚, 1986)、代表的な例として、ミツバ根腐病(*Pythium aphanidermarum*, *P. apleroticum*, *P. sp.*)、トマト根腐病(*P. aphanidermatum*, *P. myriotylum*, *P. dissotocum*)など *Pythium* 属菌によるもの、キュウリ疫病(*Phytophthora melonis*, *P. nicotianae* var. *parasitica*)、トマト灰色疫病(*P. capsici*)、根腐疫病(*P. drechsleri*)など *Phytophthora* 属菌によるものが挙げられる。いずれの菌も罹病植物上で形成された遊走子が培養液中に放出され、培養液を伝って病原菌が装置全体にまん延する。トマト青枯病(*Pseudomonas solanacearum*)も同様に培養液を伝ってまん延する。しかし、ミツバ立枯病(*Rhizoctonia solani*)はパネルに付着した菌核が主要な伝染源で、これが基で周囲の株に広がっていく。ロックウール栽培ではトマト根腐萎ちよう病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*)が全国的に発生しており、花き類でも *Fusarium* 属菌による病害の発生が認められている。

III 養液栽培における培養液管理

養液栽培の培養液は多量要素のN(チッソ)、P(リン)、K(カリウム)、Ca(カルシウム)、Mg(マグネシウム)、S(イオウ)と、Fe(鉄)、B(ホウ素)、Mn(マンガン)、Zn(亜鉛)、Cu(銅)、Mo(モリブデン)の微量元素で構成され、培養液処方は園試標準処方(堀, 1963)を中心に作物や栽培時期、生育ステージなどによって、様々な工夫されている。培養液の全塩の濃度は電気伝導度(EC)とほぼ比例関係にあるので、実際にはそれぞれの処方を基に濃度管理をEC値で行う場合が多い。

培養液のpHは一般に5.5~6.5がよいとされ、5.0~7.0の範囲であれば多くの作物で正常な生育をする。pHを下げるためには硫酸(H_2SO_4)やリン酸(H_2PO_4)などが、pHを上げるためには水酸化ナトリウム(NaOH)や水酸化カリウム(KOH)などが用いられる。

培養液の温度(根温)はトマトでは21~24°C、ミツバでは18~22°Cが最適であるとされ、作物によって多少異なるが、おおむね20°C前後である。生育適温に管理するために、培養液を加温したり、地下水やチラーで冷却する。

Control of Root Diseases in Nutrient Solution.

By Taeko TAKEUCHI

IV 培養液管理による病害防除

1 塩類濃度の調整

ミツバ根腐病(*Pythium* sp.)及びホウレンソウ立枯病(*P. butleri*)は、培養液濃度を2濃度(=2単位=EC4.8 mS/cm)以上にするによって発病を抑制することができた(表-1)(草刈ら, 1980; 草刈・田中, 1986; 草刈, 1992)。これは高濃度の培養液中では遊走子の被のう化が速やかに起こり、その結果、宿主根への走性が失われるためであるとされている。ミツバでは夏期に根腐病が多発しやすいため、実際にもECを高く管理している圃場が多い。

トマト青枯病でも培養液濃度が高い(EC3.6 mS/cm)とき、発病がある程度抑制された(図-1)。その原因の一つに、高い培養液濃度では栄養条件がよいため、病原菌の病原性が喪失しやすいことが考えられた(竹内, 1991)。

宮田ら(1975)は、*Phytophthora capsici*の遊走子のうの遊走子型発芽や遊走子の遊泳力は K^+ で阻害され、草刈ら(1980)は、*Pythium* sp.は Ca^{2+} で遊走子形成が阻害されるとしている。一方、森田(1966)は、*Phytophthora fragariae*の遊走子形成は Ca^{2+} 、 K^+ 及び NO_3^- で促進されたとしており、病原菌の種類によって必ずしも一定の傾向を示さないようである。

表-1 水耕培養液濃度と水耕ミツバの根腐病の発生(草刈, 1992)

| 水耕培養液濃度(単位)* | 発病率(%) | 培養液中の遊走子** |
|--------------|--------|------------|
| 1/8 | 96.7 | + |
| 1/4 | 76.7 | + |
| 1/2 | 40.0 | + |
| 1 | 26.7 | + |
| 2 | 0.0 | - |
| 蒸留水 | 73.3 | + |

*: 園試興津処方の均衡培養液の濃度、標準を1単位とした。

** : + : 遊走子が検出された, - : 遊走子が検出されない。

2 pHの調整

培養液のpHは原水や塩類組成、作物などで異なってくるが、一般に5.5~6.5で管理されている。一方、病原菌もそれぞれに生育に適したpHがある。細菌類は概して酸性側での生育は抑制されるが、トマト青枯病菌もpH6~8でよく生育し、最適はpH6.6であるとされている。そこで、pHを変えてトマトを栽培したところ、pH5.58ないしpH6.43前後で栽培した区で多発し、pH4.12前後で栽培した区での発病は少なかった(ただし、pH4.12前後で栽培した区のトマトの生育はやや抑制され、無発病の栽培槽からも病原菌は検出された)(表-2)。

キュウリ疫病の遊走子のうはpH4~7で正常に形成され、また、本病はpH4~6で100%発病が認められた(森田ら, 1986)ことから、本病の場合はpHの調整による防除は困難であるとみられた。

3 培養液の温度管理

養液栽培では一般に気温の低い時期の根部病害は少ないが、高温となる夏期にその発生が多い。土耕栽培では地温を積極的に低下させることは困難であるが、養液栽培では、地下水やチラーなどによってある程度培養液の温度を低下させることができる。トマト青枯病は代表的な高温性の病害で、地温が23~24°C以下では発病しないといわれている。そこで、培養液の温度を20, 25, 30°Cに調整した恒温水槽でトマトを栽培したところ、20°Cでは全く発病が認められなかった(図-2)(竹内, 1991)。

Pythium 属菌による根腐病はその発生時期により病原菌が異なるが(草刈, 1987)、高温性の*P. aphanidermatum*などが病原菌である場合は水温の低下による発病抑制が期待できる。

4 培養液の殺菌

培養液中の病原菌を殺菌する試みは数多くなされてきた。紫外線による殺菌効果は病原菌の種類によって異なり、細菌類には比較的弱い線量で効果がある(木下・家村, 1987)が、*Fusarium oxysporum*, *Pythium* 属菌などの糸状菌ではより強い線量が必要である(草刈, 1990)。実際の防除では紫外線ランプを防水した石英管に入れ、その周囲に培養液を流す方法(宮田ら, 1975; 長江ら, 1980)、紫外線ランプを直接培養液中に挿入する方法(草

表-2 養液栽培における培養液のpHとトマト青枯病の発生との関係

| pH(平均値±標準偏差) | 発病株率(%) | | | |
|--------------|---------|-------|-------|------|
| | 6月23日 | 6月29日 | 6月30日 | 7月2日 |
| 4.12±0.37 | 0 | 0 | 12.5 | 25.0 |
| 4.81±0.35 | 0 | 12.5 | 37.5 | 75.0 |
| 5.58±0.16 | 37.5 | 87.5 | 100 | 100 |
| 6.43±0.16 | 0 | 37.5 | 87.5 | 100 |

病原菌の接種: 6月16日。

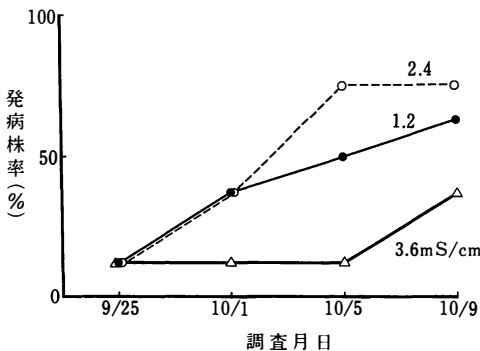


図-1 養液栽培における培養液のEC(mS/cm)とトマト青枯病の発生との関係(9月19日に病原菌を接種)

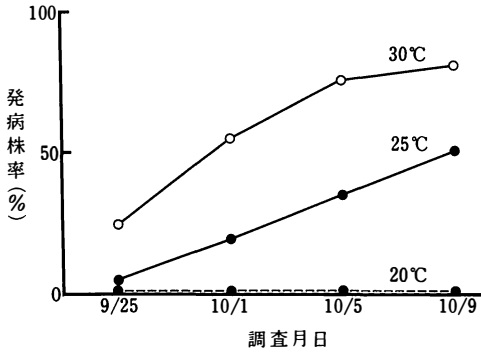


図-2 養液栽培における培養液の温度とトマト青枯病の発生との関係(9月19日に病原菌を接種)

表-3 加熱殺菌装置及び紫外線・オゾン併用殺菌装置によるトマト青枯病の防除

| 殺菌装置 | チャンネルにおける接種株の有無 ^{a)} | 発病株率 (%) | | | |
|---------------|-------------------------------|----------|-------|--------|----------------------|
| | | 9月17日 | 10月9日 | 10月31日 | 11月18日 ^{b)} |
| 加熱殺菌装置 | 有 | 38 | 54 | 62 | 85 |
| | 無 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 紫外線・オゾン併用殺菌装置 | 有 | 31 | 77 | 77 | 77 |
| | 無 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 無処理 | 有 | 54 | 69 | 85 | 100 |
| | 無 | 8 | 46 | 85 | 100 |

a) : 図-3 のように二条チャンネルのうち片側のチャンネルの中央1株に病原菌を接種。有：接種株を含むチャンネル、無：接種株を含まないチャンネル
 b) : 地際部の茎の導管褐変率

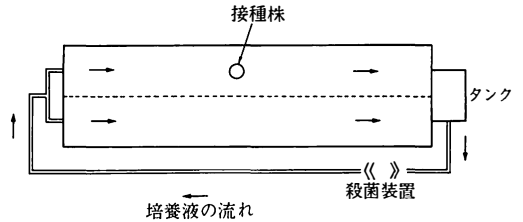


図-3 トマト青枯病防除試験のシステム

引用文献

刈, 1990) などがある。

オゾンはその強い酸化力で殺菌効果を示すが、同時に培養液成分の酸化、植物体への影響、環境への影響を考慮する必要がある。*Pythium aphanidermatum* によるキュウリ、トマトの根腐病に対してオゾン水の還流による効果が認められている(草刈ら, 1992)。

紫外線と空気を反応させてオゾンが発生させることにより、紫外線とオゾンの併用効果をねらった装置が開発され(青山ら, 1988)、これはミツバ根腐病、トマト青枯病に対して優れた効果を示した(表-3、図-3)が、トマトでは石灰欠乏や鉄欠乏症などの障害が発生しやすかった(竹内ら, 1989; 竹内・宇田川, 1992)。

ウイルスを除く多くの病原菌は70°C程度に数分間加熱すると死滅する。加熱殺菌装置を利用したロックウール栽培や NFT での実用化試験が行われ(RUNIA et al., 1988; 田中ら, 1992; 竹内・宇田川, 1992, 1993)、トマト青枯病、ミツバ根腐病で高い防除効果が認められた(表-3、図-3)。

このほか、濾過器を利用した防除、拮抗微生物による防除(宮田・佐藤, 1990; LEMANCEAU and AIABOUVETTE, 1991; 駒田ら, 1993)も試みられている。

以上のように、一部の病害は培養液濃度や pH、培養液温などの管理で防除できることが明らかとなった。しかし、個々のイオンの影響など、まだ未解明の点も多い。現在、養液栽培で根部病害が発生したときの最も有効な手段は培養液の交換とされているが、経費や手間の問題以外に、環境への負荷という意味でも避けなければならない。現在開発されている殺菌装置は、コストや能力などの点で問題も多く、実用化に向けてさらに試験を積み重ねていく必要がある。

根部病害の発生は、培養液などの管理上のトラブルが引き金になって発生することが多い。基本的な管理を怠らないことが根部病害回避の最大のポイントであるかもしれない。

- 1) 青山博一ら(1988) : 日植病報 54 : 412~413.
- 2) 堀 裕(1963) : 農及園 38 : 863~866, 1009~1012, 1147~1150.
- 3) JENKINS, Jr. S. F. and C. W. AVERRE (1983) : Pl. Dis. 67 : 968~970.
- 4) 木下繁慶・家村浩海(1989) 和歌山県農試研報 13 : 7~14.
- 5) 駒田 且ら(1993) : 日植病報 59 : 315.
- 6) 草刈真一ら(1980) : 関西病虫研報 22 : 12~16.
- 7) ———・田中 寛(1986) : 日植病報 52 : 1~7.
- 8) ———(1987) : 関西病虫研報 29 : 31~34.
- 9) ———(1992) : 病害防除の新戦略, 全農教, 東京, pp. 217~225.
- 10) ———ら(1992) : 大阪農技セ研報 28 : 13~18.
- 11) LEMANCEAU, P. and C. AIABOUVETTE (1991) : Crop Protection 10 : 279~286.
- 12) 宮田善雄ら(1975) : 日植病報 41 : 268.
- 13) ———・佐藤隆志(1990) : 同上 56 : 406.
- 14) 森田 儼(1960) : 静岡農試報 12 : 97~103.
- 15) ———・手塚信夫(1986) : 農及園 61 : 229~235.
- 16) 長江春季ら(1980) : 三重農技セ研報 8 : 36~40.
- 17) RUNIA, W. Th. et al. (1988) : Neth. J. Agric. Sic. 36 : 231~238.
- 18) 鈴木春夫・森 喜作(1964) : 農及園 39 : 1839~1843.
- 19) 竹内妙子ら(1989) : 日植病報 55 : 488.
- 20) ———(1991) : 同上 57 : 435~436.
- 21) ———・宇田川雄二(1992) : 同上 58 : 604~605.
- 22) ———(1993) : 同上 59 : 322.
- 23) 田中和夫ら(1992) : 生物環境制御 30 : 17~22.
- 24) ZINNEN, T. M. (1988) : Pl. Dis. 72 : 96~99.