

新微生物殺菌剤・植物成長調整剤： シュードモナス・フルオレッセンス剤

多木化学株式会社 ^{まえ}前 ^{かわ}川 ^{よし}義 ^お雄

I 開発の経緯

シュードモナス・フルオレッセンス剤（商品名：セル苗元気、以下本剤）は、産官学共同研究（多木化学、兵庫県立中央農業技術センター、神戸大学農学部）で検索した有用菌について、多木化学が生物系特定産業技術研究推進機構の UR 対策研究開発事業の中で商品化研究を行い開発した微生物農薬です。本剤は、2001 年 6 月にトマト青枯病防除およびトマトセル育苗時生育抑制の各薬効で農薬登録（第 20655 号）され、2002 年 2 月にトマト根腐萎凋病防除の薬効が追加された。現在、各地の公的農業試験研究機関の協力を得て、トマト産地の栽培方式に適合させるための使用技術の拡大および他作物の土壌伝染性病害防除への適用拡大試験を実施中です。

II 有効成分

本剤は、成分微生物であるシュードモナス・フルオレッセンス FPH-9601 (*Pseudomonas fluorescens* FPH-9601：以下、FPH) とシュードモナス・フルオレッセンス FPT-9601 (*P. fluorescens* FPT-9601：以下、FPT) を有効成分とし、それぞれを 10^7 CFU/(g 培土) 含有している。これら成分微生物は、いずれも兵庫県内で栽培中の植物根より分離した常在性の根内部共生性細菌である。

III 安全性

シュードモナス・フルオレッセンスは、細菌分類学上、人畜に対して無害な種とされている。成分微生物 2 菌株は、試験動物を用いた経口あるいは静脈内投与において、いずれも毒性、病原性、感染性、生残性を示さなかった。

一方、成分微生物は植物根内部共生性を有しており、トマト以外の主要作物根内でも生残性を示す。しかし、成分微生物は幼苗期を除き根部のみで内部共生する。し

たがって、定植後に根部から茎部へ移行することはない。このことは、幼苗の断胚軸面および腋芽基部断面への接種においても収穫期の茎部内および収穫物で生残しないことを確認した。

また、セル成型育苗培土に製剤化したことから、その使用は育苗期に限定され、本圃の環境生物に対して直接的な暴露はない。

IV 農業原体および製品の特性

1 生物活性

人工培地において、FPH は蛍光性物質をスライム状で、FPT は 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG) を結晶状で産生し、いずれも典型菌株および根圏等に生息する同種と比較して約 1/10 の比増殖速度を有する低増殖性細菌である。FPT および FPH の物質産生機能と増殖特性とは相互に密接に関係しており、これらの生物学的特性は通常の継代培養法等では維持できない。このような特性を保持した成分微生物は多くの植物体の根系において共生機能を有する。両菌株はトマト根内部共生性を有し、これらと内部共生した処理苗では植物病原微生物に対する発病抵抗性が高まる。FPT は、セル成型育苗時における生育抑制にも影響を及ぼす。FPH は植物体内での酸化反応制御と根内部共生における成分微生物の細菌塊形成に関与し、根内での成分微生物密度の維持に大きな役割を果たしている。

2 作用特性

両成分微生物は各種作物の幼苗根内部に共生することにより、ほとんどの作物で幼苗期の地上部生育を抑制する。

トマトでは、成分微生物はセル成型育苗の間に幼根の創傷部から根内に進入する。この根内進入時に両成分微生物は相乗的に作用する。発芽幼苗内に進入した成分微生物は、根および胚軸基部の皮層細胞間隙で増殖する。幼苗の根内で一定の菌密度以上に増殖（定着）すると根皮層細胞は肥大するが、茎葉部では逆に細胞の小型化が生じ胚軸細胞間隙での成分微生物の生存が困難となる。茎部表皮細胞内ではアントシアニン様物質が蓄積するため、低温障害に類似の症状を呈した矮化苗となる（図-1）。生育抑制は、仮植あるいは移植により回復し、以後

New Microbial Pesticide/Plant Growth Regulator:
Pseudomonas fluorescens Agent "SERUNAE GENKI". By
Yoshio MAEKAWA

(キーワード：シュードモナス・フルオレッセンス、トマト青枯病、トマト根腐萎凋病、徒長防止、セル成型育苗)

の生育は慣行苗よりも旺盛となるが、節間伸長の抑制傾向は残る。移植後の生育促進は、矮化時の茎部細胞数の増加に起因すると推定している。

3 作用機作にかかる知見

土壌伝染性病害防除については、人工培地で FPT が産生する DAPG は関与しないことがバクテリア・フリー苗を用いた系で明らかとなっている。当該試験において、FPT が接種苗の根皮層細胞間隙で菌塊を形成したにもかかわらず、苗およびその根圏から前述の物質およびその誘導体は検出されなかった。この苗に青枯病菌を後接種すると、発病の抑制と根外に新たに成分微生物および病原菌に由来しない物質を代謝することが確認されている。

根腐萎凋病防除の場合、根皮層細胞間隙で FPT が一定の菌密度以上で定着することにより菌糸の侵入を抑制することがバクテリア・フリー培養根を用いた試験で明らかとなっている。また、バクテリア・フリー苗を用いた系で成分微生物の幼苗根部への接種（根接種）と幼苗の断胚軸面への接種（胚軸接種）においても、FPT の根内定着による根腐萎凋病菌菌糸の根内侵入に対する抵抗性と FPH が共存することによる FPT の根内定着菌密度の増高が確認されている。

一方、植物成長調整作用については、幼苗の胚軸断面に接種した場合には、FPT は接種部位で根接種時の 1/10 以下の菌密度でオルガネラと共存し、根部では 1/100 以下の菌密度となり根接種時に形成される細菌塊は観察されず地上部の生育抑制も生じなかった。胚軸接種では、接種部の皮層細胞の肥大化と発根促進が認められた。

成分微生物の内部共生による植物体の応答反応は、病原微生物が植物体に感染した際の応答に類似している

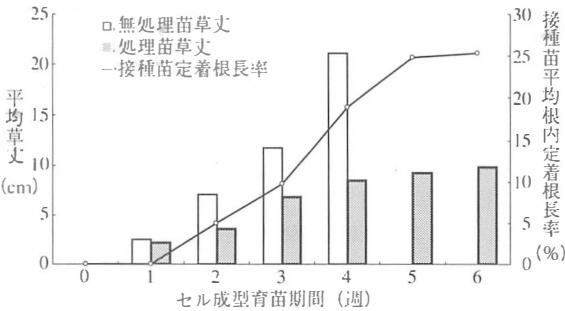


図-1 高温期セル成型育苗におけるセル苗元気剤処理苗の生育特性と成分微生物の根内増殖
注) 供試品種：桃太郎，播種：6月22日；根内定着根長率，10⁶CFU/(g 根)以上の菌密度で生息する部位長の全根長に対する百分率で表示。

が、成分微生物の接種部位において植物体の細胞死を伴うことなく、むしろ植物細胞の形態変化（皮層細胞の肥大）により成分微生物との共生領域が植物生体内で拡大されることが特長である。また、根部に内生した成分微生物は非内生時とは生化学的性質が異なることも示唆されており宿主と共生細菌との相互作用系における作用機作の解明には至っていない。

V 登録内容と試験成績

本剤の登録内容と使用方法とを表-1に示した。いずれも播種時にセル成型育苗培土として用いる。

1 トマト青枯病防除・根腐萎凋病防除

1996～2001年に公的農業試験研究機関で実施したトマト青枯病防除試験および根腐萎凋病防除試験の結果を総括して図-2、3に示した。両図において、無処理苗の発病率と処理苗（試験名：HT-9601セル成型育苗培土）の発病率とに一定の相関が認められる。処理苗は土壌伝染性病原細菌と土壌伝染性病原糸状菌に対して類似の発病抵抗性を有することが示されている。いずれの場合も、無処理苗の発病率が高くなると防除効果が低下する傾向を示すが、慣行自根苗の発病率（発病度）が60%

表-1 セル苗元気の登録内容

	作物名	適用病害虫 および 使用目的	使用時期	使用 回数	使用方法
殺菌剤	トマト	青枯病 根腐萎凋病	播種前	1回	育苗培土として そのまま使用
植物成長 調整剤	トマト	育苗期の 伸長抑制	播種前	1回	育苗培土として そのまま使用

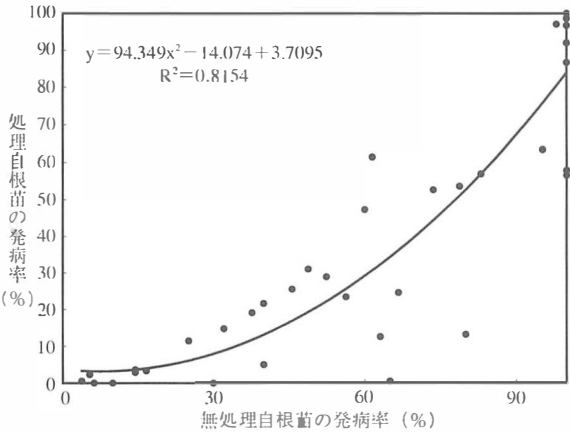


図-2 セル苗元気の青枯病防除効果試験結果（1996～1999）の総括

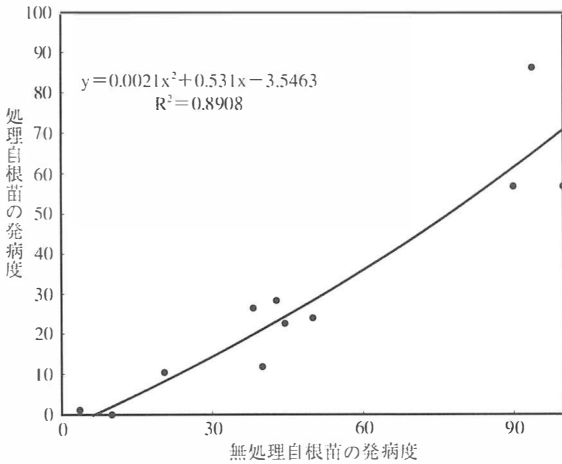


図-3 セル苗元気のトマト根腐萎凋病効果試験結果
(1999～2001)の総括

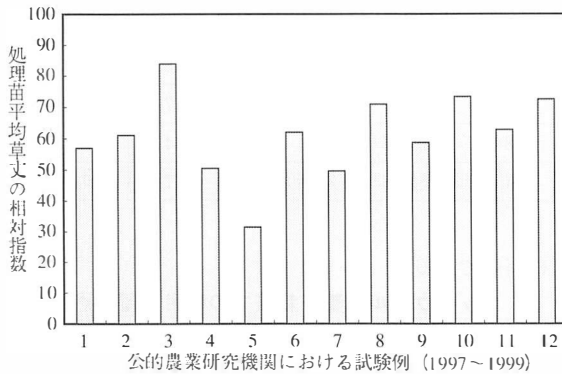


図-4 セル苗元気のセル成型育苗におけるトマト地上部
生育抑制活性

注) 無処理苗の平均草丈を100とした。各試験データは日本植物調節剤研究協会委託試験において有意差検定により抑制活性を有することが明らかとなっている。

あるいは60以下の圃場において当該発病を半減させることが期待できることを示している。

2 トマトセル成型育苗時生育抑制

1997～99年に公的農業試験研究機関で実施した抑制栽培期でのセル成型育苗時生育抑制試験と生育抑制苗の収穫・収量への影響試験の結果を一括して図-4, 5に示した。無処理苗の草丈に対する本剤処理苗の草丈は、相対指数でわかるように全試験で草丈の抑制が認められ(図-4)、セル成型育苗時の徒長防止に使用できることがわかる。このような苗を使用して栽培を行った場合、収穫への悪影響が懸念されたが無処理区トマトの収穫物に対する本剤処理区の収穫物の相対指数で明らかにな

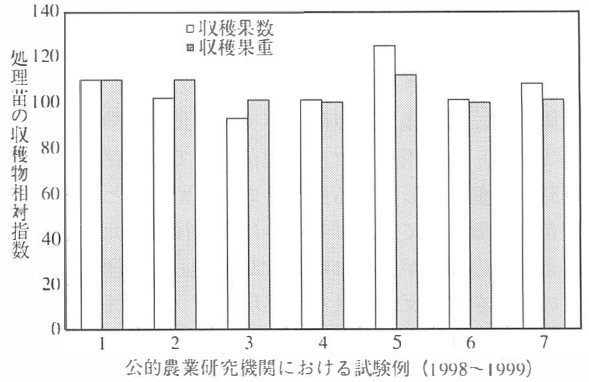


図-5 セル苗元気処理トマトセル成型苗を使用した場合
の収量

注) 無処理苗の平均果重を100とした。各試験データは日本植物調節剤研究協会委託試験成績書より抜粋。

に、収量面へのマイナス影響はほとんど認められなかった(図-5)。

VI 効果的な使用と使用上の留意点

1 セル成型育苗は根鉢形成まで！

播種から発芽までの作業は、成分微生物を対象作物幼苗根内に接種するために行う。したがって、加水および他の育苗培土と混合せず本剤をそのままセル成型育苗培土として使用する。セル成型育苗は、接種された成分微生物が根内に定着するための増殖期間である。根基部内で成分微生物が一定の菌密度で定着すると地上部の伸長は抑制され、処理苗の植物病原菌に対する発病抵抗性は高まる。この点が通常の殺菌剤とは大きく異なる。したがって、成分微生物の根内定着菌密度および根内での分布率を高めることが必要となる(図-1)。その目安が根鉢形成までの育苗である。セル穴からの出根は根鉢形成不良等の原因となるのでネット上等で育苗することが必要である。一方、低温期のセル成型育苗においては、本剤による生育抑制により出荷時期等の遅れが懸念される。このような場合には、慣行よりも早く播種する方法や、400穴などの多穴セルトレイを使用することにより慣行との根鉢形成までの育苗日数差を短縮する方法等がある。本剤には肥料分が含まれていないので、本葉展開後に液肥等の灌水が必要である。

2 高温期セル成型育苗における本剤処理苗の特性利用と留意点

日中の気温が30℃以上の条件下では、セル成型育苗時の苗の徒長防止が最大の課題であるが、本剤の植物成長調整機能はセル成型育苗時の徒長防止に利用すること

ができる。慣行苗と比較して蒸散量が少ない小型苗の特性を利用してセル成型苗の直植え方式に適用する自根栽培農家が増えてきている。また、前作の収穫が続いている場合に、播種後3週以降の草丈の伸長が緩慢であること(図-1)を利用したセル成型苗としての保存による定植時期調整を行っている農家もある。留意点として、処理苗の特徴として鉢上げあるいは定植後に株元に“ひこばえ”様の側枝が見られることが多い。この側枝は本圃での活着を促す反面、せん定処理を行うと腋芽とは異なり剪定跡の離層形成が遅いため病原菌の地上部感染源となるため、本圃活着後に側枝の成長点を止めることが望ましい。育苗期の灌水は日中を避け保水時のトレイの重さを目安に行い、通常のセル成型育苗同様、高温による生理障害が起きないように注意する。

3 土壌伝染性病害防除への効果的使用

自根栽培地域では、慣行苗を本剤使用苗に代えて定植し、接木栽培地域でも発病の認められない圃場では土壌消毒と本剤使用自根苗との併用を試みている(表-2)。全国的には接木栽培を慣行としている地域が増加傾向にあり、甚発圃場での接木栽培に本剤を適用する事例も多くなっている(表-3)。青枯病甚発圃場における初発区での発病抑制と抑制・促成の長期栽培における青枯病・根腐萎凋病防除に使用する農家が多い。留意点として、①圃場全体で発病程度が均一である場合や定植後3週間以内に甚発する場合には、必ずしも病原菌によるとは限らないことから、慣行法に本剤を付加した方法で初発区での発病が抑制可能かどうかの検討を行った後に本格使用することが得策である。②抵抗性品種を本剤で処理すると穂木品種よりも根内定着による草丈の抑制度合いは高くなる。接木栽培に適用する場合、台木品種のみ本剤でセル成型育苗を行うことから、穂木品種の播種期が慣行とは異なる。台木苗の茎径が接木が可能な太さに達してから穂木品種を播種することが肝要である。処理前に本剤と緩効性肥料を混合してから使用することにより台木苗の地上部生育抑制を調整し、穂木の播種期を一律にできる方法を開発して青枯病甚発圃場への適用を進めている研究機関もある。一般的な注意事項として、接木および養生作業においては水道水あるいは殺菌水を使用することが接木部および穂木の雑菌による接木部の軟化防

表-2 土壌消毒との併用によるトマト青枯病防除効果

無処理 自根苗 発病株率 (%)	セル苗 元気区 発病率 (%)	土壌消毒方法	土壌消毒区 発病率 (%)	土壌消毒 併用区 発病率 (%)
40	22	太陽熱消毒	23	9
52	29 21*	クロルピクリン	11	—
79	54	クロルピクリン	18	8
100	99	クロルピクリン	81	72
100	87	クロルピクリン	84	61

*：前年にクロルピクリン処理を行った試験区。

表-3 接木苗への適用によるトマト青枯病防除効果

無処理自根 苗区発病率 (%)	接木 (穂木/台木)	接木区 発病率 (%)	セル苗元気 適用接木区 発病率 (%)
65	桃太郎ヨーク/影武者		4
97	桃太郎/ヘルパー M	16	17
98<	桃太郎/ヘルパー M	27	15
98<	桃太郎/ヘルパー M	44	21
100	桃太郎ヨーク/新メイト	57	14

止に有効である。

4 ロックウール・養液栽培での利用と留意点

養液栽培は土耕栽培よりも成分微生物の根内での定着持続性において有利であり、土壌伝染性病害の予防と地上部生育抑制栽培に試用している。この場合、セル容量の少ないトレイを使用し、根鉢形成後に本剤ごとキューブに挿しこむ方法で行っている。本剤を除いてから定植する場合よりも、本剤ごと定植する方法が防除効果および生育調整効果において安定している。これら栽培方式でも、本剤使用時に十分に発根させてから定植する点は共通している。

5 その他

促成栽培における根腐萎凋病防除と節間が短くなる苗の特徴を活かした地上部生育抑制栽培による安定生産への適用も期待される。