

農業と科学

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO LTD

1991
4

作物病害の

生物的防除, 現状と将来方向 (2)

島根大学農学部

教授 駒田 且

(2) 細菌・放線菌の利用による土壌病害の防除
作物に *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* などの細菌や放線菌を接種することにより, 土壌病害の発生を軽減したり, 作物生育を促進する効果があることが知られている。これら細菌や放線菌を種子や種いもにコーティングしたり, 根やさし穂に接種する, いわゆるバクテリアゼーションの効果は, これら微生物が根圏に定着して病原菌の活性を抑えたり, 根圏微生物相に変化を与えることによると考えられるが, その機構は様々で,

- ① 抗生物質やバクテリオシン産生による病原菌の抑制
- ② 鉄キレート物質 (シデロフォア) 産生による病原菌や作物生産阻害細菌との鉄の競合
- ③ 各種植物ホルモンやジベレリンなど植物生長促進物質の産生
- ④ 溶菌作用による病原菌の破壊

などが主に関与していると考えられている。

これらのうち, ①と②に属するものももっとも研究例が多く (表3), かつ実用化例も多い。

例えば, 多くの果樹・花木の苗木の重要病害である根頭がんしゅ病細菌に対して, 近縁の *Agrobacterium radiobacter strain 84* の産生するバクテリオシンであるアグロシン84が顕著な抑制作用を示すことから, *A. radiobacter strain 84* の細菌懸濁液へ苗木の根や種子を浸漬して植え付ける技術がオーストラリアで開発され, 各国でその

有効性が認められ実用に供されつつある。わが国でもバラ苗木で効果が認められ近く農業登録の見込みである。

ネギとの混植あるいはタマネギとの輪作という伝統農法を行っているユウガオ畑では, つる割病 (*Fusarium* 菌の1分化型による) の発生がみられないことから, ネギ属植物 (ニラ, ネギなど) の根には病原菌に対して強い抗生を示す細菌が生息していることが突き止められた。そこで, ネギ属植物の根によく定着し, しかも強い抗生を示す細菌 (*Pseudomonas gladioli* の1菌株) が選拔され, それを根に接種したネギ属植物と種々の野菜を混植し, ユウガオのほか, トマト, イチゴ, キュウリ, スイカなどのフザリウム病のほか, コンニャク白絹病の防除に成功した。同じ抗生を示す細菌の利用であっても, 対象作物それ自身ではなく, 他種の作物根に細菌を定着させ, 混植によってその抗生物質産生能を利用するというユニーク

本号の内容

§ 作物病害の生物的防除・現状と将来方向(2)……(1)

島根大学農学部
教授 駒田 且

§ 宮城県ササニシキの追肥省略施肥法……(6)
LPコート100号配合肥料の
全量基肥一発肥料について

宮城県農業センター土壌肥料部
主任研究員 中鉢 富夫

表 3 わが国におけるバクテリアゼーションの主な研究例

細菌	作物	病原菌	研究者
<i>Pseudomonas</i> spp.	サトウダイコン	<i>A. cochlioides</i>	李・生越, 1985・1986
<i>Bacillus</i> sp.		<i>P. debaryanum</i>	
		<i>R. solani</i>	
<i>P. cepacia</i>	ダイコン	<i>R. solani</i>	本間ら, 1985・1986
	ナス	<i>V. dahliae</i>	
	トマト	<i>F. oxy. f. sp. lycopersici</i>	
Bacteria	キュウリ	<i>P. capsici</i>	伊阪・岡本, 1985; 岡本・伊阪, 1986
<i>Pseudomonas</i> sp.	アズキ	<i>F. oxysporum</i>	長谷川ら, 1986
<i>P. gladioli</i>	ユウガオ	<i>F. oxy. f. sp. lagenariae</i>	木嶋ら, 1986; 有江ら, 1986
pv. <i>gladioli</i>			
fluorescent <i>P.</i>	ハウレンソウ	<i>P. aphanidermatum</i>	熊倉・内記, 1986
		<i>P. paroeocandrum</i>	
fluorescent <i>P.</i>	コムギ	<i>G. gram. var. tritici</i>	内記・Schippers, 1986
<i>Pseudomonas</i> sp.	ジャガイモ	<i>S. scabies</i>	竹内ら, 1986
<i>P. fluorescens</i>	コムギ	<i>G. gram. var. tritici</i>	宮島・斎藤, 1987
<i>P. glumae</i>	トマト	<i>P. solanacearum</i>	脇本ら, 1987
fluorescent <i>P.</i>	コムギ	<i>G. gram. var. tritici</i>	竹内・谷井, 1988
<i>Bacillus</i> sp.	アズキ	<i>Ceph. gregatum</i>	山本ら, 1988
<i>Enterobacter</i> sp.			
<i>P. cepacia</i>			
<i>P. cepacia</i>	サトウダイコン	<i>A. cochlioides</i>	築尾ら, 1988
<i>P. fluorescens</i>			
<i>P. putida</i>			

な着想は高く評価される。また農家の経験に基づく伝統農法の再評価の必要性という一石を投じた成果ともいえよう。

Pseudomonas 属細菌には抗生物質ばかりでなくシデロフォアと呼ばれる鉄キレート物質を産生するものが多い。シデロフォアは、フザリウム菌の厚膜胞子の発芽管の伸長に必須な物質である Fe^{3+} と結合する結果、鉄欠乏をもたらして感染を阻害する。*Pseudomonas* 細菌の土壤病害抑制効果は、抗生物質産生とシデロフォア産生的一方あるいは両者によってもたらされると考えられている。

Pseudomonas 属細菌の一部は、作物生育を促進して増収をもたらす。これは植物生育促進性根圏細菌(plant growth promoting rhizobacteria: PGPR)と呼ばれる。根圏細菌には、病原菌ではないが、作物に有害な物質を産出するもの(dele-

terious rhizobacteria: DRB)がある。PGPRはシデロフォアの産生によって鉄欠乏をもたらしてDRBの根圏定着を阻害するとともに、植物生長促進物質を産生することによって、作物生育を促進すると考えられている。

Bacillus subtilis も数種の抗生物質を産生することが知られ、その接種効果との関係が示唆される。また *Arthrobacter* や *Serratia* は、溶菌微生物として知られている。

Streptomyces 属菌の多くが抗生物質を産生し、その機能と土壤病害の防除効果との関連が示唆される報告は多い。また本菌は、糸状菌の菌体構成成分であるキチンやラミナリンを分解する菌体外酵素の土壤病害防除効果への役割が注目された。

1970年代から80年代初頭にかけて、わが国で

は、未分解有機物の施用による土壤微生物の活性化を土壤病害防除に利用しようという意図を持った研究にかなりのエネルギーが傾注され、この間、微生物と土壤病原菌との間の特定の拮抗関係の利用研究はなおざりにされた感があった。数年前によりやく、バイオテクノロジーへの関心の高まりに触発されて、この分野の研究がにわかには活発化した。それに伴い、防除のターゲットも非根圏土壤中の病原菌（休眠器官）から、根圏、根面におけるそれへと変化し、同時に拮抗微生物の探索の場と機能も大きく変化してきた。

今後は、組換えDNA技術などバイオテクノロジーの利用により、拮抗能を支配する遺伝子を根圏生息性微生物に導入して、拮抗能と定着性とを同時に向上するなど、拮抗微生物の育種・改良の方向への発展が期待される。

(3) 誘導抵抗性による防除

病原菌と同種あるいは近縁の非病原性もしくは

弱病原性菌株を、あらかじめ作物に接種すると、抵抗性を獲得する現象、すなわち干渉作用、交差防除、獲得抵抗性、誘導抵抗性などと呼ばれる現象は、ウイルス病ばかりでなく、細菌病や糸状菌病でも認められる。この現象は、脊椎動物における免疫とよく似ているが機作は全く異なる。またウイルス病の場合の干渉作用と細菌病や糸状菌病の場合のそれとは機作がかなり違う。

多くの植物は病原菌の感染に反応して、健全な組織にはない新たな抗菌性物質（ファイトアレキシンと総称される）を産生する。この防御機能を引き出して、病害の防除に応用しようという試みが、土壤病害（表4）を主とする糸状菌病、一部の細菌病で数多くなされている。

これらのうち、わが国で開発された非病原性 *Fusarium oxysporum* によるサツマイモつる割病防除の事例は、製剤化技術も完成の域に達し、しかも操作が容易かつ簡便で、薬剤防除と同等な

表 4 土壤病害に対する交叉防御の研究

作物	病原菌	抵抗性を誘導する微生物	文献	
トマト	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	<i>Cephalosporium</i> sp.	Smith, 1957 ; Chislerら, 1962 ; Allisonら, 1963 ; Phillipsら, 1967	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>lini</i>	Davis, 1967	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>batatas</i>	Davis, 1968	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>lini</i>	Langton, 1969	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>dianthi</i>	Mattaら, 1969	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>	本間ら, 1977	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>dianthi</i>	Mymereら, 1982	
		<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>	両宮ら, 1986	
		<i>Verticillium dahliae</i>	Avirulent <i>V. albo-atrum</i>	Mattaら, 1977 ; 両宮ら, 1985
		<i>V. albo-atrum</i>	<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Tigchelaarら, 1975
アマ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lini</i>	Less pathogenic race	Berloug, 1945	
ワタ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>vasinfectum</i>	<i>Cephalosporium</i> sp.	Royら, 1963	
		<i>Thielaviopsis basicola</i>	Mathreら, 1967	
		Mild strain	Schnathorst, 1966	
		Avirulent strain	Bellら, 1969	
	<i>Verticillium albo-atrum</i>	Mild race	Zakiら, 1972	

表4のつづき

オクラ		<i>Cephalosporium</i> sp.	Bedi, 1966
ハッカ	<i>Verticillium dahliae</i>	<i>V. nigrescens</i>	Melouk ら, 1975
エンドウ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i>	<i>F. solani</i> f. sp. <i>pisi</i>	Buxton ら, 1959
		<i>Cephalosporium</i> sp.	Long, 1959
サツマイモ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>batatas</i>	<i>F. solani</i> f. sp. <i>batatas</i>	McClure, 1951
		Non-pathogenic <i>F. oxy.</i>	小川ら, 1984
トウモロコシ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>vasinfectum</i>	<i>Cephalosporium maydis</i>	Sabet ら, 1966
スイカ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>	<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	shimotsuma ら, 1972
マスクメロン	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i>	Less virulent strain	Meyer ら, 1971
		Incompatible race	Malot ら, 1975
キュウリ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>	<i>F. oxy.</i> f. sp. <i>melonis</i>	Geasler ら, 1982
	<i>Verticillium dahliae</i>	<i>V. albo-atrum</i>	Tjamos, 1979
イチゴ	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>fragariae</i>	Non-pathogenic <i>F. oxy.</i>	手塚ら, 1988
カーネーション	<i>Fusarium roseum</i> 'Avenaceum'	<i>F. roseum</i> 'Gibbosum'	Baker ら, 1978

いしそれ以上に高い効果と安定性において、世界でも数少ない土壌病害の生物的防除の実用化例の一つと高く評価ができる。サツマイモの場合は、さし木が通常の栽培法であり、植え付け後しばらくの間保護すれば実用上十分な防除効果が得られる利点がある。他の作物の場合には、根系に接種せざる得ず、しかも全生育期間にわたって保護する必要があるため、これほどの効果を期待するのは困難かも知れないが、イチゴ萎黄病、トマト萎ちょう病、ダイズ(エダマメ)・トマトの半身萎ちょう病、タバコ立枯病、ウリ類炭そ病、ジャガイモ疫病など有望な研究例も多く、わが国における生物的防除の一つの戦略となり得よう。

(4) 地上部病害および凍霜害の防除

葉圏微生物の生態学的研究を背景に、葉圏における生物的防除の研究が進展しつつある。細菌、酵母、糸状菌による、抗生、競合、寄生の機能を利用しようとするものである。葉圏においてこのような関係を成立させるのは、土壌中におけるよりも系が単純で一見容易とみえるが、葉圏で有用な微生物相を長時間にわたって維持し、抗生、競

合、寄生などの関係を成立させるには、微妙な微気象の制御が必要であり、それは圃場規模では決して容易なことではない。土壌病害の場合と同様、ここでも定着性と拮抗機能の増強が実用化に向けて必須の条件となり、遺伝子工学の手法の寄与が期待される。

作物の凍霜害は *Pseudomonas syringae* などの氷核活性細菌により誘導されることが明らかとなり、その防除に、氷核活性をもたない葉面拮抗微生物の散布が有効なことが明らかになった。さらに、*P. syringae* の氷核活性部位を遺伝子操作により欠失させたものを圃場に散布して生物防除に成功している。なおこの実験は遺伝子組換え体の野外利用の最初の実施となり様々な論議を呼んだ。

3. 生物的防除の将来と問題点

わが国における生物的防除の将来性を論じる場合、その農業の特殊性すなわち集約性を無視する訳にはいかない。欧米諸国では、経営は広大な耕地を抱えるが故に粗放にならざるを得ない。このような条件下では、すべての技術は「広さ」に耐えられなければならない、生物的防除も例外ではあ

り得ない。生物的防除にとってこの制約は厳しい。これに対して、見方によっては異常ともとれるわが国の集約農業のもとでは、多くの労力や経費を要する手段であっても、十分実用に供し得るという有利さがあり、生物的防除の前途は明るいといえる。冒頭にも記したように、近い将来、様々な微生物農薬が、合成農薬に代って、あるいは今まで合成農薬では力及ばなかった難防除病害の防除に登場して来ることを期待したい。

しかし、それまでには解決すべき様々な問題が研究、制度、普及の面で存在する。

研究面においては、有効な微生物の探索と評価法、拮抗機作と拮抗成立条件の解明、定着条件の解明、拮抗能と定着能の向上、製剤化など利用技術の開発等の問題である。

制度面では農薬登録制度の問題である。微生物農薬が生産現場で使用されるためには、次の諸点に答えを出す必要がある。すなわち、有効とされる微生物が集中的に大量施用された場合、人間や家畜に対して病原性を示す恐れはないか、また生態系を乱す恐れはないか。これらの点の評価は農薬における毒性のそれに相当するものであり欠くことはできない。特に能力の向上のために、人工的に変異を起こさせたり、遺伝子組換えなどの操作を加えたものでは絶対必須の条件となる。現在は微生物農薬（そのようなカテゴリーは制度的には存在しない）といえども、合成農薬と同様の毒性を中心にした評価を受ける反面、上記のような生態学的评价はされず不合理である。微生物農薬

の評価に当たっては、合成農薬と異なる評価基準が設けられなければならない。

普及面については以下のような問題がある。日本人の持つ鋭い感性は、古来、多くの優れた伝統芸術や独特の食文化を生み出した。ところが近年、その感性は、食生活の向上に伴い、農産物の品質に対し、味とか日持ちのような実質的な点ばかりでなく、色・かたち・つや・きめといった視覚的な点にまで際限なく高度なものを求めるという形で表現されるようになってきた。

そのような欲求（それは消費者自身に発するというよりもむしろ、消費者の欲求の代弁者を以て任じる流通機構によって形成された部分が多い）は、今日まで農薬によって充たされてきたといっても過言ではない。このような美味で美しい食料を、大量に周年、都市の消費者の台所へ届けるためには、薬剤防除は不可欠の技術である。

冒頭にも触れたように、最近、消費者は高度な品質を求める一方で、農薬に対してある種の嫌悪（それは農薬に対する無知から来る恐れと、物事の一面だけを把えて無責任な批判を下す一部の人々によって形成された部分が多い）を示すようになって来た。科学技術が高度に発達した遠い未来ならいざ知らず、「美味しくて美しく、かつ無農薬」という要求は、現時点では、また近未来においても、まさに「ないものねだり」であるとしかいいようがない。微生物農薬による生物防除が、合成農薬にとって代ってそのような要求を充し得る日はいつであろうか。

