

CDUの土壤病害

抑制効果について (その1)

1. 生物的防除 (Biological Control) について

1-1 はじめに

CDUの病害抑制作用は、農薬による殺菌作用とは異なり、次章で述べる様にCDU分解菌(細菌)の増殖による病原性糸状菌の抑制がその効果の根本であり、更にはCDUの緩効的な肥効そのものが副次的に作用し総合的に病害抑制をはたしていると推定されること、即ち、我が国のみならず世界各国で研究が進みつつある生物的防除(Biological Control, 以下B.C.と略記する)の中に入ると考えられることにより、まずB.C.について簡単に紹介させていただき、次章および続編で記述するCDUの病害抑制作用の評価や位置付けの参考にしていただきたい。

B.C.に関する紹介やとりまとめは既に数多く為されており、我が国でも駒田、宇井、洪(重光)らをはじめいくつかの秀れた紹介が見られるが、ここでは本主題に関連させて、最近欧米の研究結果よりとりまとめて紹介させていただきたい。

B.C.とは数多くの研究者が種々の定義を行っており、広義、狭義、に別けて規定している人もいるが、例えばGarett(1965)によると“病原菌の生存又は活性が他の生きている生物(人間を除く)の作用により減少し、その結果として病原菌による病気の程度が低下する条件又はその実行”としているが、より易しく言えば、生きている生物(菌)の助けをかりて病気(病原菌)を抑制することと言える。

B.C.が古くより最も進歩しているのは害虫の防除に他の昆虫や生物を利用する分野であるが、ここで問題とするのは、連作障害の主な原因である土壤伝染性病原菌を他の土壤微生物の助けをかりて制御する土壤病害抑制の分野である。

U.S.A.では1970年頃、31の主要作物に対し2,000の主要な病気が存在し、その約91%が根又は根圏の病気と推定されており、土壤病害による作物被害は毎年\$10⁹(10億\$, 1\$=¥130→1,300億円)と推定されている。それにもかかわらず、この深刻な土壤病害に関する研究は作物上部の病気に関する研究に比較して少なく、わけでもB.C.に関する研究は更に少ないと米国農務省の植物防疫研究所のPapavizao(1973)は指摘している。

しかしながら、1970年代から1980年代の今日にかけて

Carson 女史の“Silent Spring”による農薬の使用過剰の反省を契機として、農薬による病害虫の制御そのものを反省すると共に、自然界の生物系の有する拮抗作用を巧みに利用するB.C.の研究がU.S.A.を中心として精力的に進められ、B.C.のメカニズム、根圏微生物の見直し、拮抗菌の単離の利用など最近では著しい発展が研究面で展開されている。

B.C.がいつ頃より開始されたかは明らかではないが、今から60年程前Sanford(1928)がジャガイモのソウカ病(放線菌 *Streptomyces scabieos* による)を緑肥の施用で抑制し、その抑制効果を土壤腐敗菌の拮抗作用であると推定したことが元祖とみなされている。

1-2 生物的防除の概要

現在までの研究の流れを整理してみると、大きな3つの流れが集まって今日に至っているとみることができ

① 抑止型土壌と非抑止型土壌

U.S.A.やAustraliaでは広大な面積に小麦などの単一栽培が早くから発達しており、非常に病気(タチガレ病など)の発生しやすい地域と発生しにくい地域が存在することが栽培者および農業技術者に経験的に判っており、前者は非抑止型土壌(non-suppressive soil)、後者は抑止型土壌(suppressive soil)と呼ばれ、何故その様な発病に差が生じるかについて研究が行われた。20年程前まではこの差が土壌の物理的・化学的要因によるものと仮定しての検討が主体であったが、明瞭な結果は得られず、次第に根圏の微生物的な要因の検討が主体となり、抑止型土壌の根圏では他の土壌に比較して明らかに根圏微生物に有意の差が認められ、抑止型土壌に病害菌(ほとんど糸状菌)に拮抗する菌(細菌、放線菌、糸状菌)が多く根表面に生息していることが明らかにされてきた。この様に最近の研究結果によると抑止型土壌では作物根の表面あるいは近辺に病原菌の生育を抑制し、侵入を防止する他の拮抗菌が数多く生息しているという微生物的な要因が抑止の主因とされ、拮抗菌の中から有力なものを単離し、培養後再接種する試みも始まっている。

② 有機質資材の施用

堆肥やワラ類などの有機質資材を土壌に施用した場合、偶然に病害が抑制されたという事例は前述のSanfordの例以来枚挙にいとまのない程報告されているし、今日でも各種有機質資材の試験はいたる所で行なわれている。この抑制の原因についての解析は資材が複雑な組成を持つ為か比較的少ないが、行なわれた解析をみると、pHの矯正など物理・化学的改良効果によるものの寄与もあるが、その多くは土壤微生物フロラの変化に伴う拮抗性菌の増加を主たる原因とみなしている。

例えば、以前より知られている例としては、大豆の青刈り後のジャガイモにソウカ病の少ない原因は *Bacillus subtilis* が増加し、その生産する抗生物質によるソウカ病菌の抑制であると推定されている。最近の例では、キチンと緑肥の施用により *Verticillium dahliae* による *Antirrhinum* の感染は減少するが、この減少は根圏の放線菌数の増加と相関していること、また、*Fusarium solani* の厚膜胞子はキチンあるいはラミナリン添加土壌に於て非添加土壌よりもその溶解が加速されるが、これはキチンでは放線菌が、ラミナリンでは細菌が増加することに関連していると報告されている。

さらに、これら資料により病害が抑制された根圏より有効な拮抗菌を単離する試みもいくつか為されている。

③ 細菌肥料 (Bacterial fertilizer)

病害抑制とは全く別の目的で微生物を土壌に添加することは、根粒菌の接種がローマ時代に端を発すると言われる程古くから行なわれているが、本格的な利用は第二次大戦中頃より U. S. S. R. に於て、化学肥料の代りに窒素固定菌である *Azotobacter* と土壌リン酸の可溶化を目的とした *Bacillus megaterium* の使用であって前者はアゾトバクテリアン、後者はホスホバクテリアンと呼ばれ、いわゆる細菌肥料である。この細菌肥料の研究は戦後もソ連、東欧を中心に続けられ、その施用例の中で肥料効果以外の特殊効果がいくつか見出され、その中に病害を抑止したものもいくつかあり、上記以外の菌の接種も盛んに行なわれる様になってきている。

英国ローザムスタットの研究所の M. E. Brown は、この方面の研究を要約した "Seed and Root Bacterization" (1974) の中で、バクテリア接種による作物生育への影響 (特に野菜での増収が多い) はジベレリンタイプの生長調整剤的な物質の生成によっていること、土壌病害の抑制に秀れている細菌が細菌肥料としてよく用いられているのは興味深いこと、接種菌による病気の抑制のメカニズムの中に接種菌の生産する IAA やジベレリンなどの生長調整物質の作用も考慮すべきこと、接種菌による生長調整物質や抗生物質の生成能は多くの環境因子により予測しがたいものではあるが、たとえ予測しがたい収量増が 5% であっても改善となる事情は世界には多いので、バクテリア接種処理を等閑視すべきものではないと述べている。そして今後のバクテリア接種についていくつかの有益な方向づけをしている。

1-3 拮抗菌について

それでは土壌中に於て病原菌の抑制に働いている有効な土壌微生物としてはどのような菌種であるかを最近の文献よりピックアップしてみる。

拮 抗 菌 病原菌又は病名

細菌

<i>Agrobacterium</i> sp.	<i>Verticillium</i> (半身萎凋病)
<i>A. radinobacter</i> strain 80	<i>A. radinobacter</i> var. <i>tumefaciens</i> (果樹・根頭がん腫病)
<i>Arthrobacter</i> sp.	<i>Fusarium roseum</i> (ムギ類・赤かび病)
<i>Bacillus mycoides</i>	<i>Gaeumannomyces graminis</i> (ムギ類・立枯病)
<i>Erwinia carotova</i>	<i>Verticillium</i>
<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>G. graminis</i> , black-scurf (ジャガイモ・黒あざ病)
<i>P. fluorescence</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>G. graminis</i> (苗立枯病)

放線菌

<i>Streptomyces gougeroti</i>	<i>Sclerotium rolfsii</i> (菌核病)
<i>S. lavendulae</i>	<i>G. graminis</i>

糸状菌

<i>Chaetomium trilaterale</i>	<i>S. rolfsii</i>
<i>Corticium</i> sp.	<i>Pythium ultimum</i> (ピート・立枯病)
<i>Mucor plumbeus</i> , <i>M. himenialis</i>	<i>F. roseum</i>
<i>Penicillium</i> sp.	<i>F. roseum</i>
<i>Pythium oligandrum</i>	<i>G. graminis</i>
<i>Trichoderma havizianum</i>	<i>R. solani</i>
<i>Trichoderma vride</i>	<i>S. rolfsii</i> , <i>F. roseum</i>
〃	<i>F. oxysporum</i> f. <i>lentis</i> (マメ・萎凋病)
〃	<i>Black-scurf</i> , wilt.

アメーバ

<i>Arachnula impatiens</i> [Giant Soil Amebae]	種々の病原性糸状菌の胞子と菌糸
<i>Thecamoeba granifera</i>	<i>Fusarium</i> その他

これ以外にもまだ数多くの菌種が知られている。以上の菌種の中で、*Trichoderma* 菌は我が国でもいくつかのメーカーが製品化し、市販されているが、その詳細な内容や成績に関しては公に報告されたものは比較的少ないようである。ここでは、細菌のうち菌種について以下少し具体的に述べてみる。

Agrobacterium radinobacter strain 84

1972年に Kerr らが tomato や peach の *A. tumefaciens* による crown gall (ガン腫病) の拮抗菌として本菌を見出してから急速にその応用が広がり、Australia, U. S. A., Canada, U. K., New Zealand, Greece, Hun-

gary など世界各国で用いられ、一部は菌液 (10^6 — 10^7 /ml) が市販されており、現在の所生物的防除の最も適用例の多い菌種と推定される。この菌の拮抗性は Agrocin 84なる抗生物質の生産による。

Pseudomonas fluorescens

本菌は種々の研究者により拮抗菌として単離されているが、ここでは Cook & Roviro (1976) が特異的な抑止型土壌の小麦根圏に於ける抑止作用の有力な原因者として本菌を挙げている仮説の根拠を以下に引用する。

- (a) 小麦畑より任意に 100 株以上の細菌、放線菌を単離し、ポット試験でタチガレの抑制能を調べた結果、強い抑制力を有したのは 8 株であり、これはすべて *Pseudomonas* でうち 7 株が fluorescent (蛍光性) であった。
- (b) 抑止型土壌と近隣の未耕地では、全細菌、好気性孢子形成菌、放線菌、糸状菌の菌数は両土壌で同程度であったが、蛍光性 *Pseudomonas* は抑止型土壌で、 10^4 /g、未耕地で 10^1 /g であった。
- (c) Vojinovic (1972) によると小麦根が *G. graminis* の侵入より保護されている場合、根上での菌糸の溶解が或る種の細菌により起っており、その細菌の特徴の記載が *Pseudomonas* に適合すること。
- (d) Rovira (1975) からも小麦根上で *G. graminis* の菌糸が *Pseudomonas* と推定される細菌群にとり囲まれ溶解されることを認め、*Pseudomonas fluorescens* の培養液の添加で同様な現象の起ることを認めた。
- (e) *Pseudomonas* は根圏および根面のごとく一般的な生息者である (Martin 1971)。
- (f) 健全な根面よりも傷害を受けた根面に蛍光性 *Pseudomonas* は 100~1,000 倍も多い。
- (g) 土壌より単離した場合、寒天上の *G. graminis* に対する拮抗性は、蛍光性 *Pseudomonas* の場合 70% 以上、一般細菌の場合 20% 程度、*Bacillus* spp. では 7% 程度である。
- (h) 圃場でクロロピクリンと methyl bromide 消毒後、M. B. 区の方が *G. graminis* のタチガレ病がはげしかった。消毒 4 ヶ月後のクロピク区に蛍光性 *Pseudomonas* が M. B. 区よりも 500~1,000 倍も多かった。

以上、小麦のタチガレ病菌の拮抗性を主体としたものではあるが、*Pseudomonas* の根圏微生物として病害抑止にかなり重要な役割を占めていることが理解できる。

1-4 抑制のメカニズム

この方面の基礎的な研究は比較的少ない様に見受けられる。根表面に於ける物理的な生息部位の競合、根圏に於ける栄養分に関する競合なども挙げられているが、最近の研究をみると、有効なものには拮抗菌による抗生物質

の生産と溶菌作用の 2 つがその主体と考えられる。即ち、具体的な例としては、

抗生物質：*Pseudomonas fluorescens* による Pyrolnitrin (→*R. solani*)

Agrobacterium radiobacter による Agrocin 84 (→crown gall)

溶菌(酵素)：*Trichoderma harzianum* による chitinase および β -(1,3) glucanase (→*R. solani*)
Arthrobacter spp. による chitinase (→*F. roseum*)

溶菌現象は数多く報告されているが、酵素学的に研究されていないものが多い。

1-5 生物的防除の方法とその問題点

対象が土壌伝染病という複雑で多数の要因の関与する制約がある為か防除方法という最も重要な課題が最も検討の遅れている分野である。

手法的には次の 2 つの方法に要約されよう。

- i) 拮抗菌の接種 (Bacterization) ……種子、作物根および土壌、*Trichoderma* 菌、*A. radinobacter* strain 84 に代表される。
- ii) 拮抗菌を増加させる有機質資材の施用……キチンなどの天然有機物のうちのいくつかのものに効果が認められている。CDU もこれに入る。

問題点としては、接種した拮抗菌が土壌中で病原菌を抑制するにただけの勢力に増殖し、根圏に定着させることが出来るかという点が第 1 に挙げられる。

また、有機質資材の施用にあたっては有効な拮抗菌をいかに選択的に増殖できるかという点である。接種菌の生存に関する多くの研究結果をみると、一般的に接種菌は比較的短期間で根圏より消失するのが普通であり、或る期間一定数以上の菌を根圏に導入し定着させるには新しい方法の開発が必要である。但し、病原菌の作物根への侵入もほとんどの場合或る一定の短い期間(若い時期が多い)にされているので、実用的には病原菌の侵入時期と拮抗菌の導入(増殖)時期をマッチさせる技術の開発がまず要求されよう。

次には、目的とする病原菌に最も強い拮抗性を有する菌の選択であろう。フラスコ内での拮抗力と土壌中での病気の抑制力とはしばしば相関しないことが多いので有効な拮抗菌の選択には多大のエネルギーを要すると思われる。

最後に、これは B. C. の本質とも限界とも思われるが、1 度の施用で農薬や蒸気殺菌の様な種々の病加菌を含む土壌微生物の皆殺的な殺菌効果は期待できないことにある。連作障害に於ける病害はその字の如く永い間の人為的な耕種により土壌微生物のバランスが少しづつ

くずれてきた為であって、それを土壤微生物の助けをかりて病害菌を駆逐し、健全な土壤に戻すには或る程度の期間を必要とするのであって、農業や蒸気殺菌の抗生物質の注射に例えれば、B. C. は漢方薬や食事療法による体質改善に例えることができる。従って、B. C. はそれ単独ではなく農業との併用なども進んで行なうべきであって、要は微生物的な“土づくり”をどの様にして行なうかである。

この点について、洪らは地上部の植物疾病の防除に用いられる合成農業は、従来100%近い防除効果から出発してきたが、土壤病害の生物的防除(生物農業)はまず50%防除に目標を置き、それを逐次改良することによって50%→70%→90%というように段階的に防除効果を増進させるべきであると主張していることは、B. C. の評価と将来について現実的な指針を与えるものと思われる。

'88年本誌既刊総目次

<1月号>

- § 技術を探究して新しい農業を
チッソ旭肥料㈱代表取締役社長 早水清
- § 岩手県における被覆肥料の実用化試験
岩手県庁土壤肥料専技 遠藤征彦
岩手県農業試験場施肥改善科長 新毛晴夫

- § 高知県南国市砂質畑におけるハウス果菜類に対するロング肥料の施用
チッソ旭肥料㈱

<2月号>

- § 昭和62年度農業観測修正見通しの概要
農林水産省大臣官房調査課 大川雅央

- § 高知県南国市砂質畑におけるハウス果菜類に対するロング肥料の施用(その2)
チッソ旭肥料㈱

<3月号>

- § 水稻に対する被覆尿素の施用法
福岡県農業総合試験場 経営環境研究所 化学部 普通作物肥料研究室 研究員 兼子明

- § イチゴのポット育苗と品質及び与作V1号の利用
神奈川県園芸試験場 果菜科専門研究員 佐藤紀男

<4月号>

- § 緩効性肥料ロングの茶挿木床への施用効果
埼玉県茶業試験場 久米信夫

- § シクラメンの生育に及ぼすコーティング肥料の影響(現地実証から)

長野県農業総合試験場 情報普及部 西野入政典

- § 高知県南国市砂質畑におけるハウス果菜類に対するロング肥料の施用(その3)
チッソ旭肥料㈱

<5月号>

- § 果菜類の栽培とロング肥料の使用について
広島県立農業試験場島しょ部支場 主任研究員 後俊孝

- § ロングのいちご栽培での利用
埼玉県経済連 技術参与 石居企救男

<6/7月号>

- § 昭和63年度農業観測の概要について
農林水産省大臣官房調査課 大川雅央

- § LPコート及びLP複合の肥効特性とワンショット施肥による米づくりについて
農業と科学編集部

- § くみあいパーミキュライト園芸土用資材「与作V1号」の使用方法
チッソ旭肥料㈱ 技術部

<8月号>

- § 寒冷地における硝酸態Nの肥効と品質に及ぼす影響
北海道立中央農業試験場 農産化学科長 相馬暁

<9月号>

- § 砂丘地野菜栽培におけるLP肥料の実用化
石川県砂丘地農業試験場 野菜花き科長 大江碩也

- § 水稻に対するLP複合肥料の施用法
香川県農業試験場土壤肥料担当主任研究員 田辺和司

<10月号>

- § 我が国における花生生産の現状と今後の方向について
その1生産と消費 切花の輸入の現状
テクノ・ホルティ園芸専門学校 教授 元千葉県暖地園芸試験場長 林角郎

<11月号>

- § クレソン栽培とロング化成の施用効果について
山梨県土壤肥料専門技術員 窪田友幸

- § 硝酸系肥料の特徴と有利性
チッソ旭肥料㈱ 技術部

<12月号>

- § 水稻側条施肥に対するロング肥料の効果
北海道大雪地区農業改良普及所 専門普及員 窪田幸則

- § CDUの土壤病害抑制効果について(その1)
チッソ旭肥料㈱

- § 88年本誌既刊総目次