

農業と科学 1977 11

CHISSO-ASAHI FERTILIZER CO LTD

<特 集>

連作障害対策……その1

連作障害の生態的特質と

その研究的アプローチ

農業技術研究所
土壤微生物研究室

都 留 信 也

1. 土壤障害の現状

全国の野菜産地において、土壤病害が大きな問題となってきた。各地の土壤病害の発生経緯をみると、産

表1 植物病原菌の栄養要求による類別 (宇井, 1964)

- 腐生型：土壤中の有機物に依存して増殖するが作物には障害作用を及ぼさない。トリコデルマ菌、ペニシリウム菌など。
- 土壤生息型：土壤中の有機物を利用して増殖する。作物の根や下部茎葉に侵入する。人工培養できる白絹病菌、リゾクトニア菌、白紋羽病菌、紫紋羽病菌など。
- 根系生息型：新鮮有機物あるいは作物根の分泌物により発芽し、増殖する。土壤中では耐久体を形成して、休眠している場合が多い。主として根系を生活の場としている。人工培養できるものが多いトマト萎凋病菌、キュウリつるわれ病菌、ダイコン萎黄病菌、キャベツ萎黄病菌、イチゴ萎黄病菌、コムギ立枯病菌など。
- 寄生型：作物組織から栄養を摂取し、増殖する。これによって作物は生育障害を引きおこし、枯死してしまふ、人工培養はできない。
ポリミキサ菌、オルピジウム菌、根こぶ病菌など。
- 共生型：やはり作物組織から栄養を摂取するが、宿主に生育障害を引きおこさない。
菌根菌、根粒菌など。

地形成されて3~5年目から、土壤病害が顕著となってくる傾向がみとめられる。したがって、連作による産地形成が、土壤病害を多発させることが窺えるのである。

本年、野菜試験場が野菜44種について実施した、連作障害の原因についてのアンケート結果について以下にみることにする。土壤病害の71%と虫害の6%に対して、土壤の物理・化学性不良の14%、ならびに生理障害の7%とに大別する。これによれば、連作障害の原因の約80%が、土壤病害に起因することが明らかとなっている。

2. 土壤病原菌の類別

土壤障害の生態的特性が土壤病原生物、とくに植物病原菌によるものであることが、近年ますます明らかとなってきた。

例えば、野菜などの土壤伝染性病原菌の寄主範囲は、

<目 次>

<特集：連作障害の対策>

§ 連作障害の生態的特質と

その研究的アプローチ……………(1)

農業技術研究所 都留信也
土壤微生物研究室

§ 根圏と、根面の微生物の動向……………(3)

農事試験場畑作部 西尾道徳
畑土壤肥料研究室

§ 連作障害対策について……………(5)

野菜試験場 竹内昭士郎
病害第2研究室

§ 微生物学的土壤改良法について……………(7)

~連作障害に関連して~

広島大学総合科学部 鈴木達彦
教授・自然環境研究室

きわめて幅広い。したがって野菜ばかりでなく、他の雑草の根系が、これらの病原菌の増殖の場となっていることが多い。

ハクサイ軟腐病菌は、殆どどの作物に寄生する。紫紋羽病菌は、イネ科作物を除く殆どどの作物に寄生する。その他の土壤病原菌の生態的特性も、大同小異である。リゾクトニア菌は263種の作物に、また半身萎凋病菌は230種の作物に寄生できる。

一般に、病原菌の栄養要求は、病原菌の種類により異なっていて、表示した5種類に類別される。

3. 作物根圏環境

一般に作物根系は生育にしたがって木質化し、土壤病原菌が侵入しにくくなっている。しかし根冠部分には木

質組織はないので、いろいろの土壤病原菌の侵入をうけやすくなっている。また作物根からは、いろいろの有機物が分泌されている。その一部を表2として表示する。

作物根からは糖類、アミノ酸類、有機酸類、ビタミン類、核酸類、酵素類など多くの有機物が分泌されていることが明らかである。したがって、土壤微生物、とくに細菌は、これら有機物の影響をうけて増殖することができる。

糸状菌の耐久体発芽にも、これら有機物のあるものが関連している。根端や胚軸にふくまれる特殊成分が休眠胞子の発芽を促進したり、遊走子を誘引する作用をもつことも知られている。

根圏環境では土壤微生物の生理的選別が、いろいろの分泌物に起因して生じていることが窺える。土壤病原菌の活動を抑制したり、病害発生を軽減する場合には、このような分泌物もあずかっていると見なされよう。

4. 土壤酵素研究の意義

土壌中には植物遺体や他の生物遺体から、糖類、核酸などの有機物成分が供給される。これらの成分は生物的プロセスで分解されるが、これらのプロセスにはいろいろの土壤酵素類が関与していることが明らかになってきた。

土壤酵素の一つにベータ・グルコシダーゼがみとめられるが、この酵素は植物遺体のフェノール性グルコシドを分解する。これらのベータ・グルコシドのうちでフロリジンやアミグダリンはリンゴやモモの“いや地”毒素の前駆物質として知られている。

土壤障害の研究を推進するうえでも、ベータ・グルコシダーゼのもつ意義は、今後とも明らかにさせねばならないだろう。

ここでは、ハウストマトの連作による収量減少に関連して調査測定した、土壤酵素活性について表3として表示するに止めた。なお、詳細については土壤肥科学雑誌を参照されたい。

表2 作物根の分泌物組成 (ロビラ, 1965)

1) 糖 類:

グルコース, コムギ, オオムギ。
フラクトース, ソルガム。
スクロース, ダイズ, エンドウ。
キシロース, インゲン。
マルトース, キュウリなど。
ラムノース,
アラビノースなど。

2) アミノ酸類:

グルタミン酸, コムギ, エンバク。
アスパラギン酸, イネ。
 α ・アラニン, エンドウ。
セリン, ロイシン, クローバー。
バリン, シスチン, ワタなど。
グリシン, スレオニンなど。

3) 有機酸類:

クエン酸, コムギ, イネ, ソルガム。
リンゴ酸, //
シュウ酸, カラシナなど。
酒石酸など。

4) ビタミン類:

ビオチン, チアミン, イネ, ダイコン。
パントテン酸, エンドウ。
ニコチン酸など, クローバーなど。

5) 核酸類:

アデニン, グアニン, コムギ, モロコシ, エンドウ,
クローバーなど, ウリジンなど。

6) 酵素類:

プロテアーゼ,
ベータ・ガラクトシダーゼ, ジフォスホエステラーゼなど。

表3 トマト根圏の土壤酵素活性 (早野, 1977)

| 作付体系 | pH | C/N | 収量 t/10a | プロテ アーゼ | ホスフ ターゼ | ガラク トシダ ーゼ |
|----------|-----|-----|-------------|------------|------------|------------------|
| トマト・イネ | 5.9 | 12 | 3 | 7.0 | 21.2 | 16.2 |
| トマト・イネ | 6.7 | 10 | 8 | 14.0 | 27.0 | 14.6 |
| トマト・キュウリ | 5.2 | 11 | 6 | 11.1 | 18.8 | 21.9 |
| トマト・イネ | 5.7 | 10 | 10 | 9.6 | 20.4 | 13.3 |

土壤酵素単位 (m.u/g.d.w.)

〈 特 集 〉

連作障害対策……その2

連作障害と根面の微生物

農事試験場畑作部
土壌肥料研究室

西 尾 道 徳

微生物の生息環境としての土壌は、一般に栄養的に乏しい。それに対して作物根は、絶えず各種の有機物を分泌すると同時に古い細胞を脱離させ、栄養的に豊かである。このため、作物の根面（根の表面）には、土壌部分よりも、はるかに多くの微生物が増殖している。古くから、このことは知られている。

しかし、従来の方法では、根面と根圏土壌との菌を厳密には区別できないし、また寒天平板で菌を計数していたために、特に、糸状菌では菌糸量を測定できず、胞子数を計数していたという欠点がある。

根面を直接、顕微鏡で観察した最近の結果を総合すると、畑作物の根面 1 mm² に糸状菌々糸が10mm前後、（生体重で約10×10⁻⁸g）細菌数が10⁴ 個程度（生体重で約8×10⁻⁸g）生息していて、根の表面積の10%前後が細菌や糸状菌々糸で被覆されているようである。

一方、畑の土壌部分の表面積 1 mm² 当りの菌密度を試算してみると、糸状菌々糸は0.001~0.07 mm、細菌数は10² 個程度のものである。

つまり、顕微鏡観察によると、土壌部分に比べて根面には140~10,000倍の長さの糸状菌々糸、約100倍の個数の細菌が集積しており、この集積倍率は、従来の方法による重量単位の菌数表示よりもはるかに高い。

このように、栄養的に乏しい土壌の中であって、作物の根面は菌密度の非常に高い部分である。そして、根面は、作物と微生物の相互作用の非常に強い場である。

根面の微生物の大部分は、腐生菌および腐生と共生のいずれもできる菌からなっている。後者の多くは潜在的な弱い病原菌である。

例えば、健全な作物の根面から分離される糸状菌の約半分が、接種テストで、作物生育を阻害する能力を示すことは珍らしくない。

しかし、これらの菌は、圃場の根を実際に損っているのではなく、いわば「健康保菌」の状態である。

これらの、通常は非病原菌である菌も、何らかの条件下では異常に増殖して、潜在的な病原能力を、実際に発揮する危険性を内蔵している。

根面の微生物の種類構成をみると、同じ作物であって

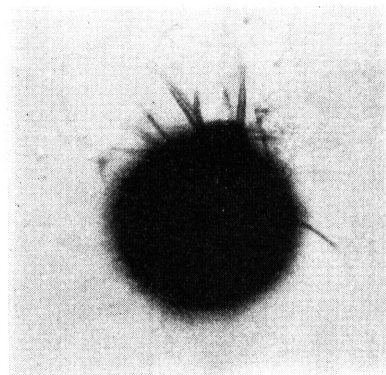
も、前作の作物の種類の影響を受けることが、根面に、菌糸態で生息している糸状菌の種類を調べた研究で明らかにされている。

ただし、非病原性の優占的な糸状菌の種類が、前作が違ったら、全く変わるというのではなく、種類そのものはほとんど同じでも、各種類の菌の出現頻度がかかなり変わってくるのである。そして、前作が同じ作物つまり、連作をくり返えせば、菌の出現頻度に大きな片寄りが生じてくるのが普通である。

宿主特異性の狭い病原性の強い菌も、連作によって同様に根面に集積して、激しく病気を起すことはいうまでもないが、強い病原菌は、ここでは論議の外におく。

数年前から各地で *Pyrenochaeta*（ピレノケータ）属菌による、畑作物の土壌病害が注目され始めている。

この属の菌は約70年前に、水稻の葉鞘に褐色斑を作る菌として、日本では初めて報告されて以来、いくつかの報告はあるが、被害が軽微なために、ほとんど無視されてきた。それに加えて、通常の培地では、胞子形成器官（ビクニジウム）を作りにくいために、同定しにくい菌でもある。

***Pyrenochaeta* 菌のビクニジウム**

菌糸の融合した0.2mm前後の球体で、その内部に分生胞子が作られる。

Pyrenochaeta 属菌は腐生も寄生もできる、病原性の弱い菌であるが、最近の研究によると、いろいろな作物根にわずかながら広く分布していて、潜在的な弱い病原

菌となっている。それが1970年以降、相欠いで土壌病害菌として注目され始めてきたのである(第1表)。

し症状である(第2表)。

このなかには、Pyrenochaeta 属菌と同様に元来の栽培方法なら単なる潜在的病原菌にすぎない菌が、今日の連作による集約栽培によって、病気を起こすに至ったものもある。

第1表 わが国において認められた Pyrenochaeta 属菌

| 作物 | 病名または分離部位 | 菌名 | 備考 |
|------|-----------|-----------------------|-----------------------|
| 水 稲 | 黄枯病(葉鞘) | <i>P. oryzae</i> | Miyake(1910) |
| " | 葉 | <i>P. nipponica</i> | 原(1939) |
| " | 葉鞘褐斑病 | <i>P. sp.</i> | 森・牧野・大沢(1964) |
| ミカン | 葉 | <i>P. unshu</i> | 原(1938) |
| カンショ | 貯蔵イモ | <i>P. sp.</i> | 富永・土屋(1957) |
| 陸 稲 | 連作陸稲の根 | <i>P. sp.</i> | Nishio & Kusano(1973) |
| 陸稲など | 根 | <i>P. sp.</i> | 渡辺(1974) |
| トマト | 褐色根腐病 | <i>P. lycopersici</i> | 森田・岸・大沢・森(1973) |
| タマネギ | 紅色根腐病 | <i>P. terrestris</i> | 児玉・菅原・横山(1976) |
| リンドウ | 褐色根腐病 | <i>P. spp.</i> | 渡辺・今村(1977) |

SP: 種名未同定

それらの例をみると、元来、湿地を好む稲の畑での栽培、施肥しての野草の栽培、アンバランスで高い濃度の施肥条件下でのタマネギやトマトの栽培、トマトの場合さらに冬から春にかけての低温栽培と、少ない日照量に比べての、相対的高温による徒長気味の生育、そうしたことによって、作物自体の菌の感染に対する抵抗性を低下させたりえでの激しいくり返しの連作をしている。

さらに、古くから知られている病原菌、例えばトマト萎凋細菌でも、トマトの栽培条件が変化し、寒い時期に、ハウスで作られるようになったために、従来の系統と異なりより低い地温(13~18°C)で発病力の強い、新しい系統が出現したというような、新しい環境への菌自体の遺伝的变化が現に認められている。

つまり、新しい環境が従来注目されなかった菌を選択的に増加させる一方、菌も、新しい環境に適応するような遺伝的变化を起こすという二つのことによって、最近の新しい土壌病害の多発という事態が生じていると考えられる。

つまり、作物生育にとって適切とはいえない条件下、くり返し連作することが一つの大きな原因となって、本来なら、潜在的病原菌にすぎないPyrenochaeta 属菌を次第に増加せしめ、やがて実際に病気を起こすに至らしたと考えられる。

根面に数が少なく、潜在的病原菌として生活している菌も、今日の高度集約農業を続けてゆくと、ある条件下で異常に増殖して、病気を起こすことも予想される。そうした事態に備え、根面の菌の詳細な研究の蓄積が今日要望される。

特に根面には、通常の寒天培地上で孢子を作らないために同定できない菌が、非常に多く菌糸態として存在している。そうした菌の詳細な研究は特に重要であろう。

第2表 野菜主産地にみられる主な土壌病害(松田, 1976)

このPyrenochaeta 属菌の問題は、特に、野菜作における日本の高度な集約栽培が、古典的考えからすれば、季節的にも土壌的にも、至適条件を大きく踏みはずして作物を栽培し、しかも、畑作農業のタブーである連作を強引に続行したために、われわれの「常識」に反した新たな病気が発生しつつあり、今後も、予測のつかない病気が発生するであろうことを、示唆する一つの材料であろう。

現に今日、野菜の主産地にみられる主な土壌害の約6割は、1970年以降、初めて日本で報告された新しい病気ない

| 作物 | 病害 | 作物 | 病害 | 作物 | 病害 |
|--------|---|------|---|------|---|
| ハクサイ | ネコブ病 *ネクビレ病 *オウカ病 ナンブ病 | ナガイモ | *ネグサレ病 *ツルガレ病 褐色フハイ病 | キュウリ | ツルワレ病 *生理病 エキ病 |
| キャベツ | イオウ病 *カブグサレ症 ネコブ病 | サトイモ | *根腐症 *根腐症 | スイカ | 急性イチョウ病 *灰色エキ病 |
| ホウレンソウ | *ネグサレ病 | ショウガ | *モンガレ病 | ユウガオ | *根腐症状 |
| レタス | *細菌性フハイ病 | タマネギ | *紅色ネグサレ病 シロイロエキ病 | メロン | ツルワレ病 *ネグサレ病 |
| ダイコン | イオウ病 *表面亀裂褐変症 *ゴマ症状 *根腐症状 | トマト | カンブ病 イチョウ病 *半身イチョウ病 *褐色ネグサレ病 *黒色ネグサレ病 *根腐イチョウ病 | イチゴ | エソハンテン病 イチョウ病 *イオウ病 メガレ病 *すくみ症 ネグサレ病 |
| ニンジン | *ネグサレ病 | ナス | ハンガレ病 半身イチョウ病 *根腐イチョウ症 アオガレ病 | エンドウ | *ネグサレ病 |
| ゴボウ | *イチョウ病 *クロアザ病 ネグサレ病 ネグサレセンチュウ病 | | | フキ | *半身イチョウ病 |
| | | | | ウド | *半身イチョウ病 |

*: 1970年以降植物病理学会にわが国ではじめて報告された新病害または新症状

〈特 集〉

連作障害対策……その3

主として土壤伝染病害について

野菜試験場環境部
病害第二研究室長

竹内昭士郎

1. 連作障害と病害

同一は場に同一の作物を連作すると、多くの場合、種々の障害、いわゆる連作障害が生じるのは古くから知られている。この障害の原因は多様であり、現在まだ原因が不明のものも多いが、その重要な一因として病害があげられる。

最近、全国都道府県の協力を得て野菜試験場が行なったアンケート調査の結果でも、連作障害の原因別分類において、合計541件中、土壤伝染性病害（以下土壤病と略す）65.1%、空気伝染性病害6.3%となっており、いかに病害が、連作障害に深く関与しているかがうかがわれる。

土壤病は一般にまず作物の地下部を侵害するので、早期の枯死をもたらすことが多く、その被害はより直接的であり、非常に大きい。またその病原は、生活環の少なくとも一部を、土壤中で過すと定義されることから明らかかなように、同一作物の連作あるいは短期の輪作で、病原の密度や感染能力を増大させるのは当然である。

空気伝染性の病害でも、被害作物の残渣中で生存した病原が、次作の第一次伝染源となる場合が多いので、連作によってその発生や被害が増加する。

土壤病の中で特に重要で、防除困難なものとしては、フザリウム菌による病害、アブラナ科根こぶ病、細菌病などが以前から問題となっており、近年は疫病類、土壤伝染性のウイルス病、パーチンリウム菌による病害などが、1部の地域で被害が増加している。

また最近では、イチゴ根腐れ萎ちょう症、ダイコン表皮黒変障害など、おそらくは病害とみられるが、なお病原の確定できぬ症状が各地で問題となり、その対策樹立を迫られている。

土壤病原菌は Garrett により、「寄生性が高度に分化し、寄主植物がないと長期間は土中で生存できぬ菌」と「寄生性の分化が低くて寄主範囲が広く、腐生能力が強いので、寄主のない土中でも長く生存できる菌」に2分されているが、両者の中間的なものも多い。

一般の土壤微生物も同様に、一時的に土中の群集の1員となるものと、恒常的にその土壤に住みつくものに区

分され、他の大・小動物、植物根や残渣などとの関連で一定の条件下では、安定した動的平衡状態にあると考えられている。

そして土壤環境が変わると、それに対応して微生物相も変化するが、原野や原生林では季節が大きな要因となり、農耕地では耕起、施肥、作付などの農作業による影響が大きい。これらの作業の適切な管理により、土壤環境や微生物相を制御して農業上有利に利用し、例えば土壤病の防除も可能と考えられるが、連作では逆にその発生が増加する方向に土壤環境が変化すると見られる。

2. 土壤病の防除

土壤病の中で、前記の高度に寄生性の分化した病原、いわゆる根系生息菌による病害は、比較的防除が容易であると見られるが、その中でもフザリウム菌などのように耐久体を形成するものでは、やはり防除が困難で、これらは偽土壤生息菌とも呼ばれている。

土壤病の防除はその手段によって、化学的、物理的、生物（耕種）的防除に3大別できる。

a. 化学的防除

土壤中の病原に薬剤を作用させるには、まず薬剤を土中に均一に分散させねばならぬが、固体または液体の形で使用する薬剤を、土中に均一に分散させるのは極めて困難である。もし分散があまり均一でなくても、効果をあげようとすると、多大の薬量を投与せねばならず、残留その他の問題を派生し易い。現在実用化されている薬剤に、クロルピクリン剤などのガス剤が多いのはこのためである。

しかしガス剤も、植物残渣や土塊中には拡散しにくいので、効果が劣る場合があり、さらにこれらは非選択的に作用するので、土壤微生物相を単純化し、1部の生存した病原や、外部から新たに持ち込まれた病原の活性が一層増大しやすい点に注意する必要がある。今後の望ましい薬剤の1例として、低毒性で選択性の高いものが考えられる。

b. 物理的防除

蒸気その他主として熱による手段が用いられており、前記のガス剤に比べて、人畜や周囲への影響のない利点

があるが、その作用はやはり非撰択的であり、土壤微生物相の単純化を免れない。

そこで近年は、できるだけ目的の病原だけを除去するために、60～80℃のいわゆる低温処理が欧米で検討されている。また、熱処理には多量のエネルギー源を要し作業効率も低いので、施設では可能であるが、露地での実施は困難である。今後は紫外線除去フィルムの利用など、他の手段も検討、開発されると思われる。

c. 生物（耕種）的防除

生物的防除の理想は輪作であるが、産地の維持や経済的理由から実行困難な場合が多く、他の手段が要望される。そこでまず考えられるのが抵抗性の利用であるが、抵抗性品種の育成には長年月を要し、抵抗性素材を野生種に求めることが多いので、品質や市場性に劣る傾向があり、これをどう打開するかが問題となる。

一方、抵抗性台木の利用は、親和性や接木労力に問題があるが、上記の難点はなく、一時的には非常に有効な方法である。

しかし本来的には、抵抗性品種の利用を旨とすべきであり、ユウガオ台接木スイカの急性萎ちょう症の例のように、長期間接木栽培を続けると、各種の障害が生じるおそれがある。すなわち、台木植物の連作と同じ結果をまねくことになる。また抵抗性の利用にあたっては、その品種や台木を侵すような病原の変異や系統の出現に注意を要する。

次に病害の種類によっては、土壤の pH、水分、温度などの制御により、かなりの効果を期待できるので、これらも積極的に利用すべきである。

なお、従来、水田化によって土壤病害がほぼ完全に除去されると信じられていたきらいがあるが、耐久体を生じると病原の中には、数年間の水田化でも容易に死滅しないものや、かえって灌がい水によって流入するものも少なくない。

また最近、有機物の施用効果が過信されているが、有機物の多用が、土壤微生物相に変化を生じるのは当然としても、有機物の種類や組成は種々雑多であり、一方、本来の土壤や、そこに存在する微生物相も多様であってその変化が土壤病防除に有利に作用するか否かを一般的に予測することは、現状ではほとんど不可能である。現に、有機物の施用によって、土壤病が多発した例も知られている。

将来の展望としては、病害の種類に対応して、有機物の種類がその発生に及ぼす機作と影響を解明し、土壤微生物相を制御して、土壤病の防除をはかるための研究を急速に進める必要がある。

以上のように、土壤病を単一の手段によって防ぐことは困難であり、上記のほか現場では、ほとんど実行されていない被害作物残渣の処理なども含めて、各種の方法を併用したいわゆる総合的防除をはからねばならない。

さらに、土壤病が多発して被害が顕著になってから、対策を講じるのではすでに手遅れであって、産地形成をはかる当初において、発生が予想される病害を考慮した計画的な作付、その他の管理を行うことが、究極的には産地を長期間にわたって維持、繁栄させることになると考えられる。

水田転作目標、来年は2倍に

総面積では39万1千ha

農林省は去る11月19日、稲作から他の作物へ作付けを転換する水田について、各都道府県別の目標面積と、政府が買入れる53年産米の事前売り渡し限度数量を決定した。来年度の転作目標は全国で39万1千ha、生産数量に換算して170万トン相当で、本年の約2倍、また、事前売り渡し限度数量は、本年の870万トンから来年は830万トンへと、40万トン削減されている。

このように農林省が、米の生産調整強化に踏みきったのは、米が最も有利な農作物であることから、生産過剰傾向が定着する反面、米の消費は減退一方で、このまま放置すると食糧管理

制度、ひいては食糧の安定的な供給がむずかしくなると判断したため、生産調整は、とりあえず3年間、転作目標を固定する考えであると云われる。

転作目標面積の割当については、北海道が88,800ha（水田面積の35%）で最も多く、逆に東北、北陸などの米作地帯は一般的に10%以下に抑えられている。

これは都道府県別の転作目標面積をはじき出すに当たって、①水田の排水条件、②良質米とされる自主流通米が、産米のうちどのくらいあるか、などを基準にしたため、良質米を作りにくい北海道の転換率が大きくなり、排水が悪く、小麦などの転作作物の作付けがむずかしい東北、北陸などは転作率が低くなったと見られている。

〈特集〉

連作障害対策……その4

微生物学的土壌改良法

広島大学総合科学部
教授・農学博士

鈴木達彦

はじめに

連作障害に関連した微生物学的土壌改良法についてのべるまえに、土壌の微生物性格についてのべる。

土壌の微生物は、土地利用形態の相違によって著しい影響をうけるものである。それは、培養法によって得られるカビの菌数と細菌の菌数の比率、すなわち F/B 値によって端的に示される。

F/B 値は、森林土壌でもっとも大きく、次いで畑土壌であり、水田土壌のそれはもっとも小さい。また、肥沃な土壌ほど細菌の含量が多く、土地利用形態や土壌の管理により、微生物的性格が相違してくるものである。

また、水田土壌は夏期湛水されるため、嫌気性菌が優勢となり、好気性菌であるカビや線虫は活動しにくい。イネが水田で連作可能な理由は、これにもとづくものと考えてよい。

さらに、土壌の微生物は、有機物をエサとする有機栄養微生物が多いので、有機物の施用は、優勢な微生物を一時コントロールする可能性がある。また、一般的に云って、細菌は高水分、高反応で優勢であり、逆に、カビは、低水分、低反応で優勢である。

連作障害の生物的要因が、カビと寄生性線虫によるものとするならば、すでにのべたような条件と微生物のバランスとの理解が、連作障害の微生物学的土壌改良法となるであろう。

有機物の施用

土壌の微生物は、有機物の施用によっていちじるしい影響をうけるが、筆者の経験によれば、それは、施用される有機物の炭素率 (C/N比) によってちがうらしい。すなわち、炭素率の大きい有機物 (イナワラ、オガクズなど) を加えた場合、土壌の微生物はカビが優勢となり炭素率の小さい有機物 (家畜のふん、油粕、堆肥など) を加えた場合、土壌の微生物は細菌が優勢なタイプとなりやすい。土壌生息型であるリゾクトニア菌、シラキヌ病菌、ピシウム菌などは、有機物の施用によって増殖するタイプの菌であるが、リゾクトニア菌によるダイコンの黒アザ病が、腐熟した家畜ふんの施用により、いちじ

るしく軽減された例がみられている。

これは、家畜ふんの施用により土壌が細菌型となり、病原菌であるリゾクトニアの土壌中での増殖が抑制されたためであり、土壌中の細菌群が、リゾクトニア菌の拮抗微生物となっているためと考えられる。

しかし、一方で、ラッカセイのシラキヌ病菌の生態系防除としては、深耕によるシラキヌ病菌への酸素の供給と土壌中の有機物の分解促進、土壌中の感染圏への有機物の導入阻止、たとえば、葉の病害による落葉の阻止、雑草などが感染圏に入らぬよう、出芽前除草剤の施用と、平うね栽培によって、シラキヌ防除が可能となっている。したがって、土壌生息型の病原菌が、有機物施用のみによって防除が可能であるか否かについては、なお検討を要するところであろう。

しかし、ダイコンのフザリウム菌による萎黄病が黒ボク土より赤黄色土で大きく、黒ボク土の土壌中の炭酸ガス濃度の増大と拮抗菌である放線菌群の活性化が考えられていることは、土壌中の有機物含量が、病原菌の活性に関与するものと考えられ、施用有機物の量と質と、病原菌と一般土壌微生物との関係が、土壌を含めた環境条件をかえて、系統的に追究されなければならない。

拮抗微生物の利用

土壌生息菌にくらべて、フザリウム菌のような根生息菌 (C/N比の低い新鮮な有機物によく反応し、作物の根面を増殖の場とする) の防除は容易ではない。しかし根面で増殖する拮抗菌を作物の種子や土壌に接種し、根面でのフザリウム菌の増殖を、抑制しようとするものである。

現在のところ、タバコの苗木枯病 (フザリウム菌による) が、フザリウム菌の拮抗菌であるトリコデルマ菌をあらかじめ培養して、土壌に接種された場合、防除の可能性が示されている。

この場合、トリコデルマ菌が根系微生物であり、根面で増殖が可能であるためであるが、要は、根面における占有の早さの問題であり、それぞれの根面における微生物のバランスが、さらに明らかにされなければならない

い。

湛水処理

連作障害に關与する多くの病原菌や線虫は好気性菌であるので、湛水処理によって、土壤を嫌氣的にすることにより、病原菌や線虫の密度を低下することが可能である。しかし、湛水処理の期間その他については、まだ、まだ、統一の見解がなされていない。

湛水処理と有機物の併用

そこで、湛水処理と有機物を併用し、さらに太陽熱により、病原菌の消毒を考えた生態系防除法が、奈良県農業試験場と天理農業普及所で開発され、実用技術化されているので、以下、紹介する。

これは、イチゴの連作による萎黄病の防除のために開発されたものである。

すなわち、イチゴ作の休閑期である7月下旬から、8月下旬にかけておこなうもので、梅雨あけから7月下旬にかけて、生ワラ、モミガラ、オガクズなど10a当り1~2t散布し、かるく散水後、石灰窒素を10a当り、100~150kg散布し、耕うん機で有機物をすきこむ。

次いで高さ30cm、巾60~70cmの小畦を立て、透明な古ビニールでマルチする。その後、畦間に水をはり、ハウスを完全密閉して、20~30日放置する。

土壤の温度は60°C位になり、フザリウム菌も、線虫も完全に死滅する。窒素を補給された有機物は、分解が進行し、土壤は還元状態になるため、60°C以下でも、病害虫には、防除効果はきわめて高い。

連作障害においては、有機毒素の寄与も考えられるが湛水下・高温下においては、分解あるいは溶脱されるものと考えられる。また、地温の上昇とともに、残存する耐熱性の細菌(パチルス・サブチリス-枯草菌)が増殖して、フザリウム菌に対する拮抗作用が推定されている。すなわち、地温、土壤の還元化、石灰窒素の弱い殺菌力(除草効果なども含む)などの、総合的・生態的防除法として、高く評価されている。

クセ抜き作の導入

土壤の微生物は植物によって、著しい選択作用をうけるので、連作作物の間に、別な作物を導入することにより、土壤の微生物を変更し、それらの拮抗作用により病原菌、線虫などの病害を回避しようとする試みである。現在、禾本科作物の導入、たとえば、ソルゴーなどの生育のきわめて早い緑肥作物の導入が考えられている。

これら吸肥力の強い作物によって、土壤中に過剰に蓄積する養分を吸収させて、土壤の養分バランスを正常化させるとともに、有機物を生産し、膨大な量の根系によって、土壤の微生物フロラを変更させようとするものである。

これらの研究は、緒についただけであり、統一見解は得られていないが、少くとも、禾本科植物は、ヤサイのグループとは異った微生物群と、線虫群を構成することは、次第に明らかになりつつある。

田畑輪換の効用

そもそも連作は、植物の生態系から考えて、不合理である。したがって、連作をするかぎり、畑作においてはいろいろの欠陥が露呈されるものである。水田と畑とは明らかに、ちがった微生物フロラから構成されているので、これを交互に利用することは、生態的にみて、きわめて合理的であろう。

病原菌、線虫が、水田化により、どのくらい活性を持続するか、明らかにすることにより、一方、畑作において、クセ抜き作物などの導入により、何年くらい、連作が経済的に可能であるかを明らかにすることにより、田畑輪換の交互利用の合理的期間が決定され、これをおこなうことにより、イナ作をはじめとする農業が、生態系に永久に安定化するものと信じている。

すなわち、連作の研究は、同一種の作物の連作により、土壤中の諸性質がどう変わるかを明らかにすることであり、それを土台とした合理的輪作体系確立のための、第1歩でなければならないのである。

作物をもって、作物を規正するのが、土壤の生物が、作物依存型である限りにおいては、もっとも合理的な、生態的アプローチなのである。

それというのは、寄生型の病原菌や線虫は、作物に、そのライフ・サイクルを依存し、その回避は、作物の選択によってのみ可能であるからである。

わが国は農業形態として、また、土壤の生態的にみても、ユニークな水田イナ作を所有している。この水田土壤の特性をよく理解し、これを中心とした田畑輪換の体系が確立されなければならない。

ただし、病原菌も線虫も、水田状態下においては、灌漑水とともに移動するので、それらの汚染を考慮した経営が、大きな地域的なひろがりをもって、おこなわれなければならないだろう。

たとえば、和歌山県においては、水田跡作のエンドウに茎ぐされ病が発生し、非常なまん延を見せている。これは、ウィルスによるものと断定されたが、このウィルスが、水生菌であるカビを担体として、灌漑水とともに上流域から下流域へとはこぼれ、奈良県におけるエンドウ作に、甚大な被害を与えているからである。

この防除は容易ではなく、エンドウ作を一時中断しない限りやみそうもない。一方、田畑輪換をとり得ない純畑作地帯では、クセ抜き作物の導入による短期輪作体系が、どの程度成立するかを明らかにする必要がある。