

畑地における有機物施用の意義と 上手な利用法

北海道農業試験場 畑作部

新田 恒雄

堆きゅう肥などの有機質資材の施用と輪作の励行は土作りの基本技術とされていますが、その根底にはどのようなメカニズムが働いているのでしょうか。地力の培養に有機物が果している役割は何なのかを考えてみます。

1 畑の地力低下の実態

土壤診断の結果をみると、野菜作（露地・施設栽培）はいうまでもなく、北海道の大規模な普通畑作においても、カリなどの塩基類や可給態リン酸が診断基準値を越える場合が多くなっています。つまり、土のなかの養分の総量は以前に比べて多くなってきています。こういう場面で有機物施用の必要性を考える場合に、土壤の化学性の面だけから言えば、単に土の養分を肥すためだけに高価な有機質資材を施用する意義は小さいと言えるでしょう。しかし、篤農家技術といわれるのを見ると、その中身には必ずといっていいほど堆きゅう肥などの有機物の施用があげられています。畑の収穫残渣や家畜ふん尿などを合わせ、切り返しを行いながら腐熟化した堆きゅう肥は、土壤のもろもろの性質を改善することから「総合肥料」と言われています。こうした資材を施用した畑では「作物が健全に育ち、病気にもかかりにくい。同時に、品質の良いものが安定的にできる。畑の管理も楽になる。」とされています。こういった現象は土壤の化学性や物理性の面からだけでは説明できません。土壤中の生き物に何か関係のあることがうかがわれます。

2 有機物を施用すると作物はどう変わったか？

有機物の施用効果を土壤の微生物との関係でみる前に、まず、有機物施用によって作物がどう変わったかをみる必要があります。図1はほ場での作物（テンサイ）の根の活力の断面分布をみたものです。縦方向は深さ、横方向は株からの距離を示し、それぞれの図の右上のすみは畦間の中央に当たります。この図は測定した結果を模式的に示して、色の濃い部分は活力が高い。つまり、養分を吸収する力が強いといえます。逆に色の白い部分は活力が低いか、あるいは全く検出されなかった部分

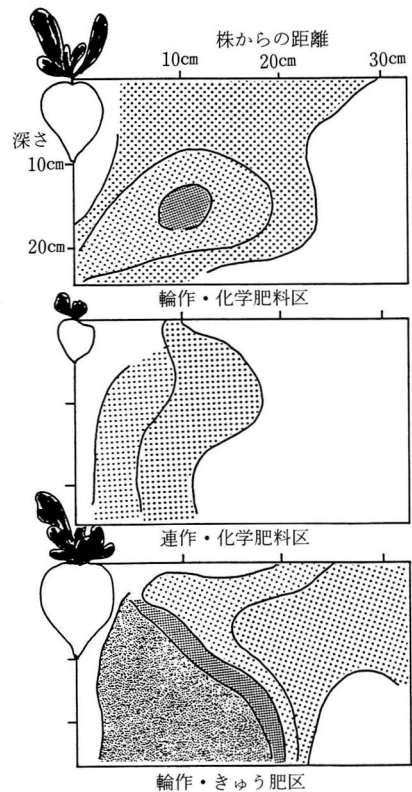
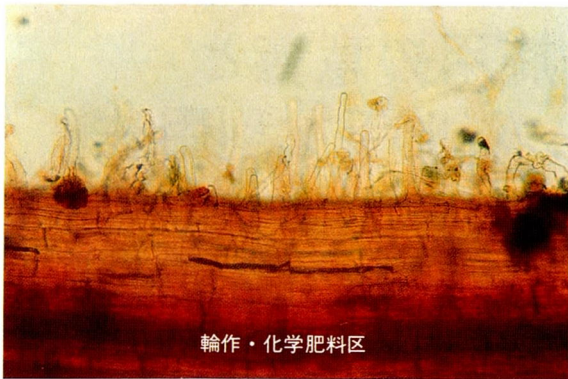
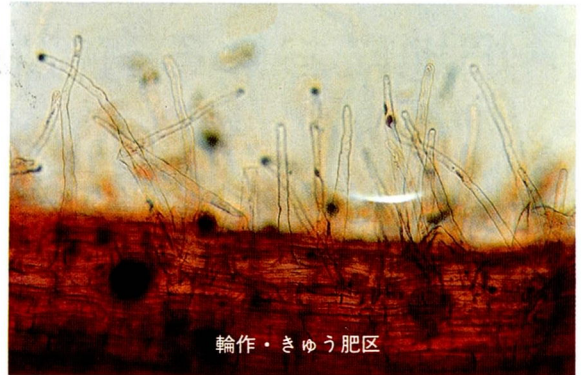


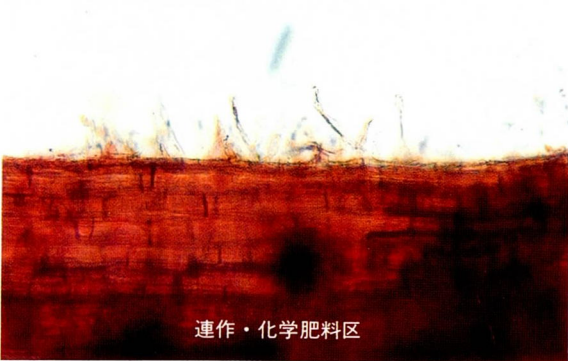
図1 テンサイの根活力



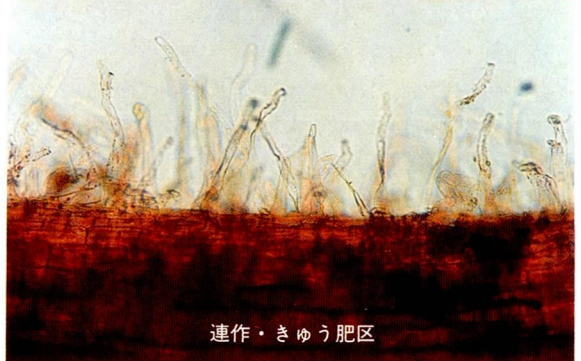
輪作・化学肥料区



輪作・きゅう肥区



連作・化学肥料区



連作・きゅう肥区

写真1 連作, きゅう肥施用がダイズの根毛に及ぼす影響

を示しています。根の分布に対応して株から遠い部分(図の右下のすみ)では根の活力は低くなっています。化学肥料区を基準として3つの図を比較すると、活力根の分布は連作区

では明らかに狭く、反対に輪作・きゅう肥区で最も広く、しかも活力も高いことが分かります。

3 根の活力を増す有機物施用

実際に根を掘り取って顕微鏡で観察したダイズの例を写真1に示しましたが、堆きゅう肥を施用した輪作畑の根にはたくさんの長い根毛(こんもう)が観察されます。土壌中の養分はこの根毛から吸収されます。連作した作物の根は肉眼で見ても褐色に汚れて見えますが、顕微鏡でみると、根毛がわずかしかなく、しかも短くて痛んだ状態にあることが観察されます。この連作畑にも化学肥

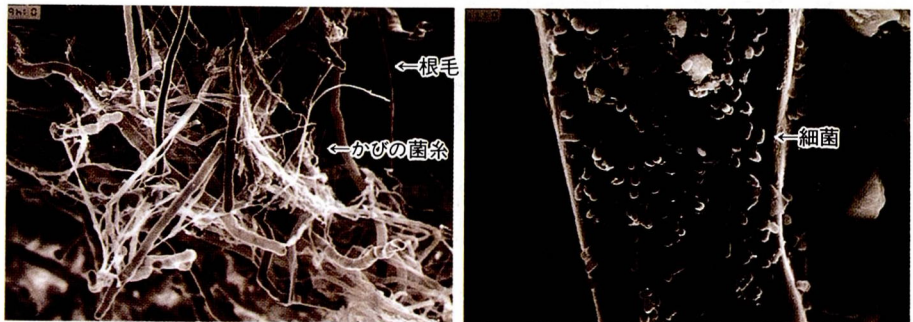


写真2 コムギの根の表面のかびと細菌

料が施用されていますが、残念ながら根毛が弱って養分を吸収する力(活力)が低いために、肥料分を吸収することができないでいます。この連作畑でもきゅう肥を施用すると、写真1に示したように明らかに根毛が改善されています。

畑に有機物を施用する意義は、この根の活力を増進することにあります。有機物を施用することによって根が量的に増えて、根が土壌のすみずみまで分布するようになるばかりでなく、根毛が改善され、活性が高まるのです。それによって施用した肥料などが有効に利用されます。連作をすると収量を維持するために多くの場合施肥量が増え

ますが、それは作物の根の活力が低下したために肥料が吸えず、それを補うために施肥量を増やした結果と考えられます。多量の施肥を続ければ土壌に塩類が集積してきますが、それが作物にストレスを与え、生育障害をもたらすようになります。

4 根にすむ微生物

根を更に高い倍率の顕微鏡で見ると、根の表面にはたくさんの微生物、かび（糸状菌）の菌糸や細菌がすんでいることが分かります。写真2はコムギの根の表面を電子顕微鏡で見た例で、根毛の回りに見える細い糸状のものがかびの菌糸です。細菌は根の表面の生息している状態を示しています。こうした微生物が根の表面積の5~10%を占めています。

根は一方で土壌中の養分を吸収しますが、他方では、たくさんの糖やアミノ酸を分泌します。この分泌物や老化した根組織をエネルギー源として根の周辺（根圏）にはたくさんの微生物がすむようになります。普通、土壌の中には微生物のエネルギー源になるものが少ないために、堆きゅう肥や作物残渣などの易分解性の有機物の周辺を除けば微生物の活性は低いのですが、根の周辺の微生物は数が多いばかりでなく、活性も非常に高くなっています。病原菌のように根そのものに寄生する微生物ばかりでなく、根の周辺の高い微生物活性も根の活性に影響します。有機物を施用して根の活力が高まった現象には、これらの微生物の相互作用が働いていると考えられます。そのなかでも、量的にも多く、また、根に寄生する力の強いかびについてみてみます。

5 根にすんでいるかびの生態

根を滅菌した水でよく洗って栄養培地上におくと、数日で菌糸が伸びてくるのが見られます。かびにはいろいろな種類があります。根に生息しているかびの種類を分けてみると、化学肥料だけを施用した作物に比べて、堆きゅう肥も施用した作物では根にすんでいるかびの種類が多く、しかも、ひとつの種類にかたよることがありません。これに対して、連作した根には極めて少数の種類のかびしかみられず、しかも、特定の種類にかた

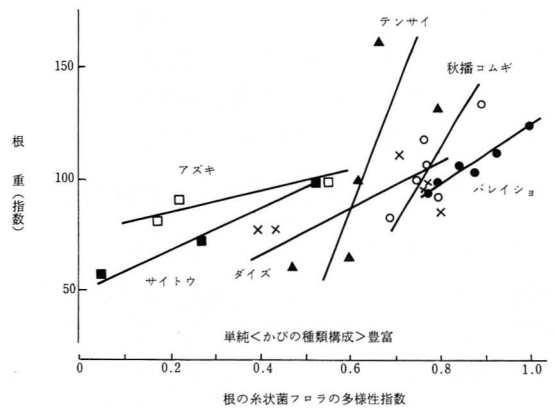


図2 根に生息するかびの多様性と根重との関係

よっています。つまり、有機物を施用した根にはバランスのとれたかびの種類が生息しているのに対して、連作して活性の低下した根のかびは種類が単純になっています。

かびの生態と根の発達との関係を見るために、図2は縦軸には面積当たりの根の重量をとり、横軸には根のかびの種類組成を数値化した「多様性指数」をとり、両者の関係をみてみました。根の量と根にすんでいるかびの生態（多様性）とは極めて深い関係にあることが分かります。つまり、かびの種類組成が単純ならば根の発達が悪く、多様でバランスがとれていれば根の発達も良くなっています。

根の活力を増やすための有機物施用の意義はここにあります。作物の根は前にも述べましたように多量の分泌物を出し、これに微生物が反応します。連作の場合は毎作同じ種類の物質が分泌され、しかも土の中にはたくさんの根が残されますので、かびの種類の単純化が極端になります。有機物が施用されると、土壌の中で分解される過程でいろいろな種類の有機物に変わっていきます。これらに反応して土の中のいろいろな種類のかびが活性化します。これらのかびは相互に作用しあっているので、一種類の微生物、例えば病原菌が増殖するのを抑制します。

このような状態を微生物的な緩衝能が高まった状態と呼んでいます。土壌の化学性でも緩衝能という言葉が使われ、例えば土壌に酸やアルカリを入れてもpHが変りにくい性質を指します。堆きゅう肥を施用することによって、土壌の化学性ばか

りだけでなく微生物性の面でも緩衝能が高まるといえます。これによって環境の変化や病原菌の侵入に対して抵抗力が付き、根の発達に好ましい微生物的な環境ができあがったといえます。

6 根に生息する細菌や放線菌の役割

これまででは、根に生息するかびについて、根の発達との関係から紹介してきました。根の表面には写真2にも紹介しましたように、これ以外に細菌や放線菌も生息しています。堆きゅう肥を施用すると、こうした細菌なども根圏で増加し作物に影響します。なかでも、「作物生育促進根圏細菌」のグループの細菌が増えることが見出されています。また、放線菌の仲間はいろいろな抗生物質を生産することで有名ですが、放線菌の増加によって病原菌の増加を防ぐ役割も期待されます。

7 有機物の種類と施用効果

これまで、主にきゅう肥の効果を微生物の面からみてきました。ところで、実際の畑に施用される有機質資材には多種多様なものがあります。有機質資材の多くは養豚や酪農などから供給されますが、畑で生産される作物残渣や緑肥も有機質資材として重要です。北海道農業試験場が調査した結果では(北海道農試小川ら, 1988), 北海道の耕地で生産される収穫物以外の有機物は111万haで225万t(乾物量)、ha平均で約2t(堆肥換算約4t)と推定されています。家畜ふん尿や汚泥などの有機質資源の有効利用を進めると、堆肥換算で約5.9t/haがえられ、作物残渣分と合わせて8.9tが還元可能になります。一方、作物の安定多収のための堆きゅう肥の必要量はおおむね15ないし20t/haと言われています。還元可能な有機物の推定量は北海道の耕地の平均値ですので、無畜化した大規模畑作地帯や都市近郊畑作地帯では有機物資源は不足しているとみられます。

こうした有機質資材は、養分含有率、C/N比、腐熟度、性状などの点で様々です。有機質資材の施用効果を高めるには、施用量の問題もありますが、資材の品質が重要になります。一般的にいえば、堆肥などの有機質資材は切り返しを充分に行なって腐熟化した資材、C/N比でいえばおおむね

20以下の資材が適しているといえます。

新鮮な有機質資材、例えば緑肥や作物残渣を畑にすき込むと、分解されやすい炭水化物が最初に微生物のエネルギー源・養分源として利用されます。微生物の増殖に伴って窒素やリンも菌体に合成され、菌体の死滅に伴って放出された窒素やリン酸が作物に利用されます。注意しなければならないのは、分解初期の微生物の急速な増殖に必要な窒素は土壌の無機態窒素が使われるために、有機物の窒素含有率が低い場合には窒素を添加しなければ、いわゆる窒素飢餓の状況になります。

北海道で大規模に作付されているコムギ作では、麦稈の処理が重要になっています。麦稈はC/N比が高く、そのもののすき込みは作物に窒素飢餓を引き起こします。そこで、アカクロバとの混作や、収穫した後にエンバク、ペルコ、レバナを栽培し、窒素に富む緑葉をすき込むことによって麦稈の分解促進を図ることが勧められています。分解促進と緑肥自体による有機物富化の二重の効果と言えるでしょう。

また、緑肥作物や緑肥的作物の作付も勧められています。エンバクやトウモロコシなどがこれに当たります。これらのイネ科作物は有機物生産量が多く、土壌に多量の易分解性粗大有機物を還元することができます。同時に、緑肥作物の栽培は輪作にもなります。図2に作物の根のかびの多様性を示しましたが、作物によって多様性に差のあることが分ります。

これまでの結果をみると、連作に強い作物はかびの種類が多様性に富み、逆に弱い作物は単純化しやすいことが分っています。作物の根はそのまますき込まれ、次の作物の根の生育に直接影響します。単純化しやすい作物を続けて栽培するのではなく、安定した微生物相が維持されるような作付をすることが必要になってきます。

有機物生産量が多くて土壌の微生物に多量の基質をもたらす緑肥の栽培は、同時に、輪作効果としてバランスのとれた微生物相をつくり、これを活性化する役割があると言えるでしょう。