

給与していない放牧のみで、1頭当たり乳量は3,200 kg程度です。

表3に荒木和秋氏が北海道草地研究会シンポジウム(1988)で報告した成績の1部から試算した北海道十勝地方(中札内村・畑酪地帯)および宗谷地方(稚内市・草地酪農地帯)における土地1ha当たりの牛乳生産量を示します。十勝地方では経産牛1頭当たりの年間乳量が8,000 kg, 9,000 kgになっていますが、濃厚飼料給与量も多く、乳量の40%前後になっています。これに対し、宗谷地方では1頭当たり年間乳量7,000 kg前後、濃厚飼料給与量は乳量の16~37%と幅がありました。経産牛1頭当たり面積は十勝地方0.6 ha前後に対し、宗谷地方では1.4~2.4 haとかなり広がっています(普通畑を持っている農家は試算から除外してあるので、土地は牧草地+飼料作用地と考えてよい)。土地1ha当たり牛乳生産量は0.5~2.6 tと変動が大きいですが、全体として北大やニュージーランドの成績にくらべ、かなり低いことが分かります。また、気象・土壌条件の違いもありますが、宗谷より十勝の方が全体として高い傾向に

あります。十勝地方では、1戸を除いて飼料用トウモロコシを作っているのに対し、宗谷地方ではすべて草地です。また、同一地域内でも3~4倍の差があります。この数値はあくまでも個々の実状を無視して共通の前提条件で試算した(例えば、濃厚飼料のTDNは68%と仮定して計算)もので、厳密な比較はできませんが、おおよその傾向は把握できます。また、こうした評価を個々の経営、技術の分析に取り入れていく必要性を理解してもらうための例示でもあります。これをもう一步進めれば、化石エネルギーや労働力の投入量も問題にしなければなりません。

4 おわりに

牛の飼料は外国から運んでこれますが、土地は運んでくるわけにいきません。土地は、その存在する場所で生産し、生活する場でもあります。生産の場、生活の場である土地を個々の農家、地域、更に国全体でもっと大事にすることが、牛乳生産だけでなく、いろいろな意味から重要になっています。

生態系調和型農業と土壌微生物のかかわり

雪印種苗(株) 技術研究所

技術顧問

沢田 泰 男

過去、食糧増産の気運につれて農業技術には様々な改良が加えられ、目覚ましい生産量の増大を果たしてきました。しかし、近年は食糧の質的向上へと変化する一方、農業の生産機能ばかりではなく環境の保全機能にも強い関心が求められるようになってきました。農業や化学肥料が必要以上に使われていないかどうか、そのような過度の化学資材依存が、逆に地力低下や薬害、環境汚染をもたらしてはいないかといった反省です。その上で、堆きゅう肥など有機物の施用による土づくりを基本に農業生態系を見直し、安全、永続的な生産を目

指す必要があるというものです。

昭和59年には地力増進法が制定され、さらに、有機農業とカリサ農業(LISA, 低投入持続型農業)が提唱されているのは、このような背景に基づいています。それぞれ技術の強調する程度によって意味合いが違っていますが、いずれも生態系に調和した農業を目指しています。

化学資材は速効的で効果も確実ですし、経済的にも労力的にも有利です。豊かな農業生産を支える上で、それらが重要な役割を担っていることは疑う余地がありません。農業の発達過程をみて

も、現在のような高い生産性は化学資材の合理的使用という技術の援助なしには考えられません。ただ、ともすれば陥りがちな環境破壊を防ぐには、それらはできるだけ少なくし、その保障を生態系の機能の活用で補うことはできないか、あるいは、ある特定の技術については全面的に生態系の活用依存したいという意味を含んでいます。

では、そのような仕組みにはどんなものがあるだろうか。作物サイドや土壌サイドにいろいろな要素が考えられます。ここでは土壌微生物に関するものをいくつか取り上げてみます。

1 微生物バイオマスと物質代謝

土壌中にはあらゆるタイプの微生物が生息し、世代交代を繰り返して様々な働きをしています。特に植物との関係は密接なものがあり、植物が枯死したあとは遺体の分解によって再び養分を供給します。

土壌微生物の多くは有機栄養微生物に属し、有機物をエネルギー源にして増殖しながら余分の元素は放出します。物質の種類は多種多様で、分解の途中で新たな別の物質が作られたりします。農薬のように合成された有機物もあります。それらのどれをも分解する微生物が存在します。

微生物の菌体自体も他の微生物のエネルギー源となり、それらもやがて徐々に植物の養分となります。また、単に養分供給の面だけではなく、いろいろな生理活性物質を作って植物に寄与するものも知られています。

微生物の種類や量（バイオマス）を殖やすことは土壌中の物質代謝を促進し、化学肥料では補いきれない生産力の維持・向上につながるという見方ができます。

注意しなければならないのは、有機物が常にプラスの効果があるとは限らないという点です。とりわけ未熟な作物遺体では、有害物質が持ち込まれたり、栄養のアンバランスや病害虫の発生を助長する場合があります。植物病原菌も有機栄養微生物の一員であり、他の一般微生物とともに増殖します。土壌中の有機物破片を大きさ別に分けて微生物の分布を調べてみると、粒径の大きな未熟な有機物には植物病原菌を含む糸状菌が多く生育

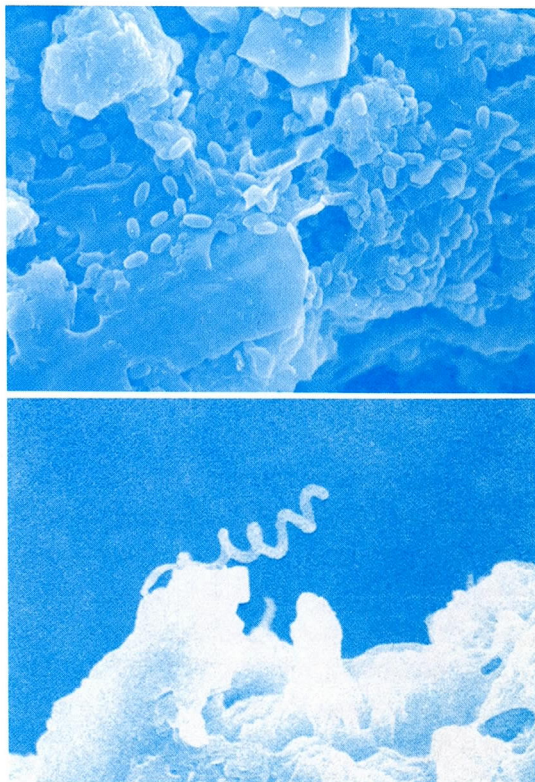


写真1 土壌中の有機物破片に生育するバクテリア(上)と放線菌(下)：
有機物には多くの微生物が生息し、世代交代を繰り返しながらいろいろな働きをしている

し、分解の進んだ有機物には細菌類の割合が高いことが示されています。

通常、畑土壌には10 aの作土層の中に生体重で700 kg前後の微生物菌体が存在するとみなされます。植物の根や有機物の周りは当然のことながら多く生息します。しかも、土壌中にはまだ確認できていない未知の微生物種が何倍も多いと考えられています。

微生物は種類によって栄養要求の性質が異なり、有機物の分解においても、その組成成分を最もよく利用できる微生物によって分解の進行が左右されます。例えば、畑緑肥の初期分解には生育の速い糖類糸状菌の一種が主役となりますが、この菌の乏しい土壌では分解は遅くなります。同一の有機物を繰り返し加えて次第に分解が早まっていくのは、主役となる分解菌が増殖し活性の高い状態におかれるからです。

たんぱく質やセルロース、キチンなど特定の有機物の分解は、これらの加水分解酵素を生産する微生物の能力に由来します。最近、土壌微生物のキチナーゼ遺伝子の詳細な研究が進められ、キチン分解能力の高い改良菌も作り出されています。

2 窒素固定

窒素は生物が生きる上に欠くことのできない元素で、その給源は地球をとり巻く大気と生物圏との間の物質循環に依存しています。窒素循環の一つの特徴は炭素と違い気体の窒素が直接とり込まれることはないということで、アンモニアや硝酸の形に「固定」されてはじめて利用されます。この固定は肥料生産による化学的固定の他はほとんどすべて微生物の生物的固定によって行われます。

自然界でどれほどの窒素が固定されているかを知ることは重要ですが、生物的固定については、微生物の分布や環境条件などを考慮すれば一概には言えません。近年の試算された例では、地球上の年間総固定量は約1億7,500万tで、これは非生物的固定量の合計約8,500万tの2倍以上に相当します。

マメ科植物によるものは、牧草を含めて8,500万tと全体のほぼ50%を占め、根粒菌による窒素固定が主要な役割を果たしています。栽培種では、ダイズ57~94kg(年間ha当たり)、エンドウ、ベッチ、カウピーいずれも約85kg、クローバ104~160kg、アルファルファ128~300kgなどで、牧草類の固定能力が高いことが知られます。

根粒菌はマメ科植物との共生関係においてだけ窒素固定能力を発揮し、菌と植物の間には特別な親和関係があります。お互いにどのような仕組みで相手を見分け根に侵入して窒素固定系を作り出すのかは、長い研究の歴史にもかかわらず全容は明らかになっていません。最近では、植物から極く微量の特異物質が出され、菌の根粒形成遺伝子の間に巧みなネットワークが作られるものと考えられています。

窒素固定においては、窒素ガスからアンモニアへの還元の際に還元力の20~30%が水素ガスとして放出されます。この水素を放出することなく還元力に利用できれば窒素固定の効率が向上します。



写真2 マメ科牧草の根毛：
根の周りには様々な微生物が生育する。根に根粒菌が侵入するとき特殊な酵素が生産されて、その部分が変形する

実際に、このような性質を持った根粒菌の選抜が行われ、遺伝的な有用形質として注目されています。

根粒菌のほか、イネ、トウモロコシ、コムギなど特定の共生関係を持たない植物の根面で、ゆるい共生関係を保ちながら窒素固定を行う微生物が知られています。これが有効に利用されれば広く作物の生産に貢献できることとなり、機能を増大するための条件が調べられています。

3 病害の抑制

農業の集約化や主産地形成が進む中で、作物の連作障害に対する関心が高まっています。最近では過度の農薬使用による環境汚染の問題からも、農薬だけに頼らない病害虫の防除技術が見直され、他の微生物の働きを利用した生物的防除の研究がクローズアップされています。

病害の発生と程度は、環境における作物の生育と、病原菌および病原菌に拮抗する他の微生物の働きとの相互のバランスに依存します。これまでも、特定の病原菌が住みつけないような、または、住みついても発病し難い抑止型土壌というものがあることが知られていて、こうした抑止性の解析から、病原菌に対する拮抗微生物が次第に明らかにされています。

抑止型土壌は大体においてpHが高く粘土分の多い土壌に属し、しかも、細菌数が多いという性質を備えています。もちろん、この逆が成り立つ

ということではありませんが、細菌の働きが活発な条件を持っていることは病原菌を抑える上で大いに意味があります。フザリウムの例では、土壌に混入した胞子の発芽、菌糸の伸長などが発病土壌に比べて著しく劣り、生存期間が短いという特徴が認められています。

病原菌の生育を阻止するいろいろな微生物が土壌中から探索されています。それらの働きのメカニズムは微生物の種類によって様々であり、実用規模の効果が認められているものもあります。

シュードモナス・セパシアという細菌は、ピロリニトリンやシューダンなどの抗生物質を生産して多くの病原糸状菌の発育を抑制します。同じような働きを持った細菌に、シュードモナス・グラデオリ、バチルス・サチルス、ストレプトマイセス（放線菌）などもよく知られています。

植物根圏の細菌のなかには作物の生育促進をも

たらすものがあり、多くの作物で効果が報告されています。

蛍光性の色素を作るシュードモナスのグループの細菌で、シデロフォアと呼ばれる鉄を包み込む作用を持った物質を作って、病原菌が必要とする鉄の吸収を妨害します。

放線菌のストレプトマイセスが生産するキチン分解酵素は病原菌のキチン質細胞壁を溶解する作用があります。土壌中でその能力を高めることは病原菌の増殖を妨げることになります。

糸状菌ではトリコデルマ菌がセルロース分解酵素の生産で知られ、セルロースを細胞壁を持った病原菌の菌糸に侵入して死滅させます。

また、動物の免疫のように、病原菌と同じ仲間の非病原性または病原性の弱い菌を使って作物の病害抵抗性を誘導し、発病を抑制することが示されています。シュードモナス細菌によるジャガイモ、トマトの青枯病、フザリウムの病原糸状菌によるトマト萎凋病、サツマイモつる割病などの例があります。

土壌は微生物の宝庫であると言われます。それらの働きを有効に活用するための研究は、今後一層進展することが期待されます。遺伝子を組換えた微生物も実用化が検討されています。植物の凍霜害を防除するため、氷核となる物質の遺伝子を欠損したバクテリアの利用がアメリカ環境保護局の認可した最初の例として1987年に野外試験が行われています。

自然の環境条件は様々であり、特定の微生物の能力が十分に発揮されるかどうかはそれらの条件にも影響されます。

肥料や農薬のように効果をはっきりすることは必ずしも多くはありません。

しかし、単にいろいろな場合があるというだけでなく、主役となる微生物について理解を深めることが大切と言えます。

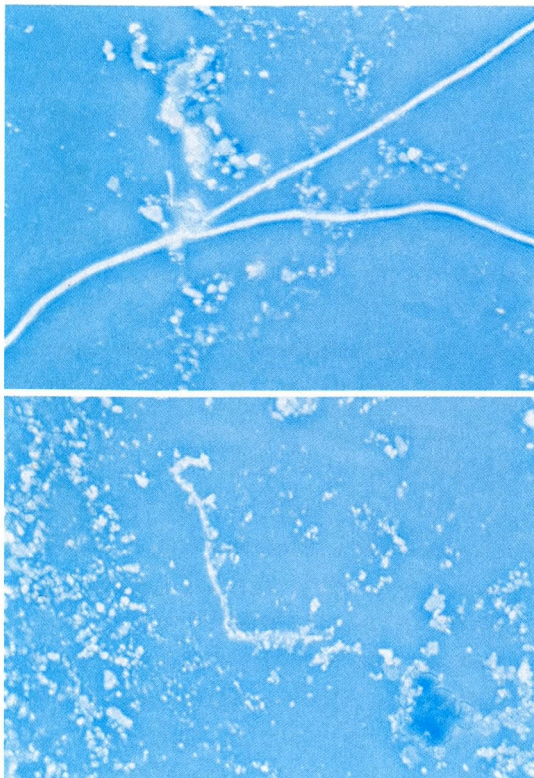


写真3 病害発病土壌（上）と抑止土壌（下）における病原菌フザリウムの生育：
抑止土壌では菌糸の発育が著しく抑制される