

<——有機質の期待できる利用——>

有機物の効果について

九州大学農学部 甲斐秀昭

有機物のもつ効果

稲作に限らず、一般畑作・果樹・園芸で安定多収を挙げている農家の多くは、堆厩肥等の有機物を多用しています。また、味・品質がとくに重要視される作物には、有機質肥料が好んで使われています。

このような有機物の効用については、従来いわれているように、

- (1) 窒素・リン酸・カリ・苦土・石灰・珪酸・微量元素など各種の植物養分を含んでいる、
 - (2) これらの養分は土壤溶液中の濃度を高めず、徐々に効いてくる、
 - (3) 土の性質を改善し、通気や保水性を良くする、
 - (4) 有機物の分解産物の働きで、地力の窒素やリン酸がひき出されたり、無機養分が作物に吸収され易い形に変わる、
 - (5) 微生物の作用をさかんにし、土の中での物質変化を増強する、
- などが考えられます。

炭酸ガスの給源としての有機物

このように、有機物が作物の生育に直接的あるいは間接的に働いて、種々の重要な役割を演じていることは確かです。しかし、有機物は、上に述べた効用のほかにも、炭酸ガスの給源として、大切な役割を果していることを見逃してはなりません。

i) 作物の種類と光合成速度

植物が炭酸ガスと水を原料とし、光のエネルギーを利用して糖や澱粉を作っていることは、皆よく知っていることです。すべての生物の生命は、つまるところ、この植物の働き(光合成作用)によって維持されています。ところが、この光合成

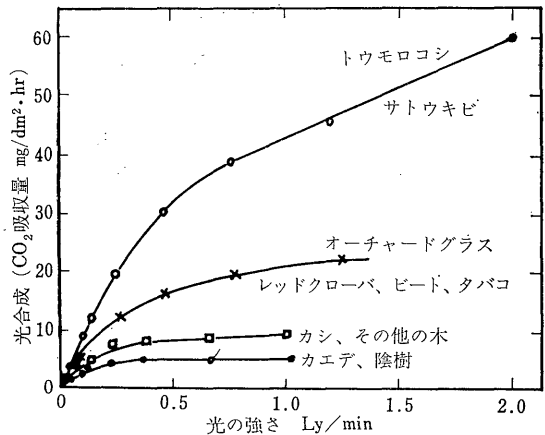
作用の速度は、作物の種類によりずい分違ってきます。

トウモロコシ、サトウキビや、ソルゴー、パヒヤグラス、パーミューダグラス、ダリスグラス、ローズグラス、スタングラスなどの暖地型牧草は光合成速度が大きく、それらに較べると、イネ、ムギ、タバコ、トマト、ビートや、クロバー、ライグラス、オーチャードグラスなど寒地型牧草の光合成速度は小さい。

また、樹木の光合成速度は、これらの草本類に較べて一般に低いようです。

(第1図参照)。

第1図 各種の植物における光と光合成の関係 (Moss 1965)

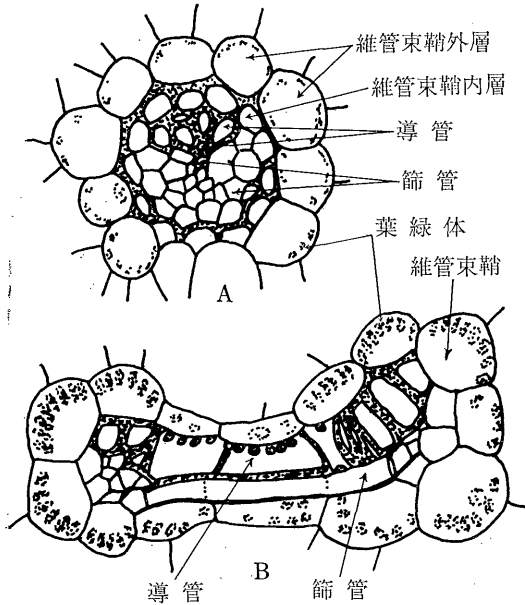


このような作物の種類による光合成速度の違いについて、最近の植物生理学の研究は、いくつかの重要な事実を明らかにしています。

すなわち、光合成速度の大きい作物とその小さい作物の間には、次のような違いがあります。

- (1) 光合成作用は葉の中の葉緑体という所で行なわれますが、この葉緑体の存在様式に違いがある。(第2図参照)。

第2図 植物の種による維管束鞘の構造のちがい
A: コムギ, B: トウモロコシ (Esau 1953)



〔註〕 A: コムギの維管束鞘は外層と内層の2層からできている。しかも内層のものは厚膜化している。このことは通導組織と葉内組織との物質交換には都合が悪いと思われる。

B: トウモロコシの維管束鞘は内層がなく、外層が一層あるだけで、しかもその細胞の中には特殊な形をした葉緑体が維管束を中心として放射状にならんでいる。その数もコムギに較べて多く、また形も大形である。光合成作用の盛んな時には、この細胞の中に多量の澱粉粒がみられる。このような特殊な形をした維管束鞘は、光合成速度の大きい植物にだけ存在している。

- (2) 植物は光合成作用で作った糖や澱粉の一部を、呼吸という形で消費していますが、この呼吸、とくに光呼吸といって、光がある状態での呼吸の有無や大きさがずいぶん違う。また、この光呼吸は、大気中の炭酸ガス濃度が低い時や温度が高い時には大きくなる。
- (3) 光合成作用で、炭酸ガスと水から糖ができる過程で、とくに初期の同化経路が違っている、ことなどが明らかにされました。

光合成作用による炭酸同化経路については、従来、カルビンサイクルという名で呼ばれる C_3 -

Pathway が知られていました。

光合成速度の小さい植物では、確かにこの経路が炭酸同化の主軸をなしていると考えられます。しかし、光合成速度の大きい植物には、 C_4 -Pathway という経路があることが、最近分りました。

この C_4 -Pathwayの存在と光合成速度の大きいということ、また、それと光呼吸が無いか、または非常に小さいということとの関連については、まだ詳しく分ってはいませんが、 C_4 -Pathwayをもつ植物の炭酸ガス吸収・同化効率の高いことは確かです。

以上のように、炭酸ガスが大気中から植物体内に入り、糖や澱粉に同化されるまでの気象学的、植物組織形態学的、植物生化学的な炭酸ガス拡散抵抗の違いが、植物の光合成速度を左右する大きな要因となっています。

ii) 炭酸ガス濃度と光合成速度

それでは、光合成速度の小さい植物について、光合成量を大きくし、乾物生産を増加させるにはどのようにすればよいでしょうか。

本質的には、上に述べたような光合成速度の大きい植物がもっている形態学的・生理学的遺伝形質をとり入れた品種を育成することと思われるが、それには今後多くの研究と長い時間が必要でしょう。

また、ケミカルコントロールで植物の代謝過程を調節する方法も考えられますが、これも今後の研究課題です。

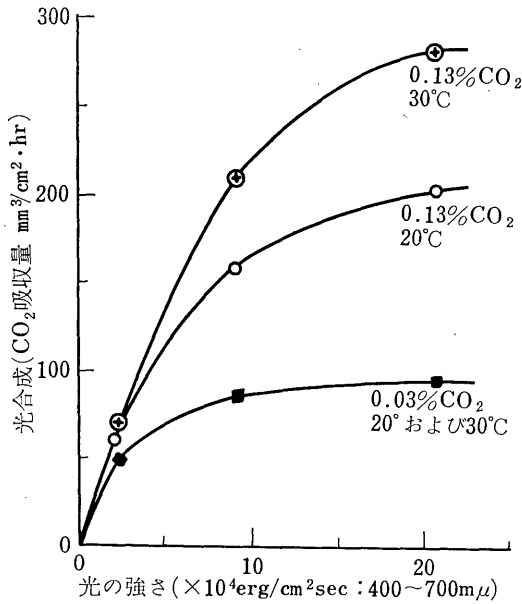
したがって、今日実際に可能な方法としては、

- (1) 作物の草型、樹型を良くして、日光の受光量を大きくすることです。この点については、現在種々の作物について問題として取上げられ、増収に役立っています。
- (2) 大気中の炭酸ガス濃度を高くして光合成量を増加させると同時に、光呼吸による同化産物の消耗損失を少なくすることです。この点については、現在のところ、光の問題ほどには関心を持たれていませんが、今後充分に考慮される必要があると思われます。

炭酸ガス濃度が光合成作用に大きな影響をもっていることは、第3図に示されています。

光が弱い時は、炭酸ガス濃度も温度も光合成速

第3図 光の強さ、CO₂濃度、温度と光合成の関係 (Gaastra 1959)



度には関係なく、光が光合成速度の制限因子になっていることが分ります。ところが、光がある程度強くなると、低い炭酸ガス濃度のもとでは、それ以上光を強くしても、もはや光合成量は増加しません。この現象を光飽和といいます。

しかしこの場合に、炭酸ガス濃度を上げると、光合成量は大巾に増加します。しかも気温が上ると、光合成量はさらに増加します。

こうした現象は、炭酸ガス濃度と温度を上げたために、光合作用における炭酸ガス拡散の過程と、生化学的反應の過程の両過程で、制限因子がとれていくからだと考えられます。

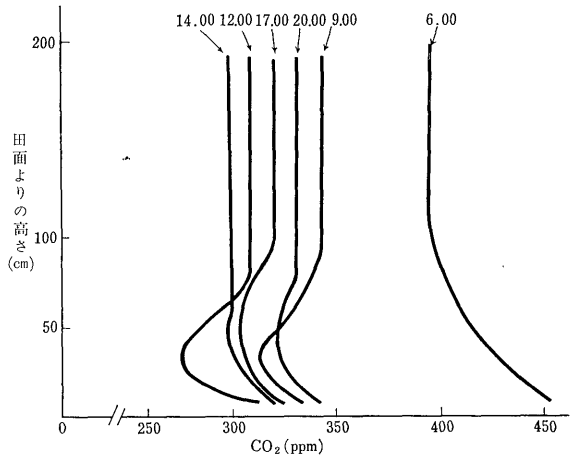
iii) 作物群落中の炭酸ガス濃度

では、実際の圃場で、大気中の炭酸ガス濃度はどのようになっているのでしょうか。

私どもが水田で測定した結果では、水稻群落中の炭酸ガス濃度は、最高分蘗期の頃から、日中は予想以上に低くなっています。第4図はその1例を示したものです。朝6時にはかなり高かった炭酸ガス濃度が、9時には、すでに葉が最も繁り合っている辺で著しく低くなっています。

12時頃にかけて日照が強くなるとともに、炭酸ガス濃度の落ちこみはさらに大きくなり、最も激

第4図 水稻群落中のCO₂濃度分布の日変化 (8月2日 甲斐 1970)



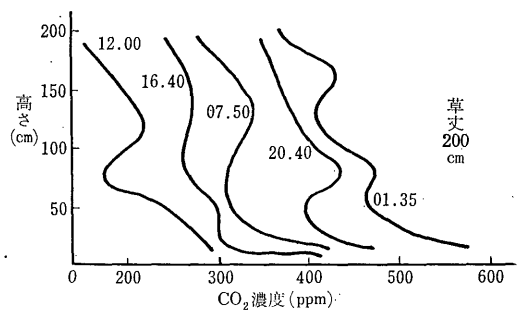
しい所では、朝の濃度の半分近くまで低下します。その後、日照が弱くなるにつれて、炭酸ガス濃度は徐々に回復し、一夜過ぎて翌早朝にまた元の濃度に戻ります。地上2mの空気中の炭酸ガス濃度も植生の影響をうけ、日中はかなり変化しています。

また、このような炭酸ガスの濃度分布の日変化や、水田の土からの炭酸ガス発生量、田面水中に溶けている炭酸ガス量の測定結果をみますと、土からの炭酸ガス供給が、炭酸ガスの給源として非常に重要であることが分ります。

第5図は、ハウス内のメロン群落中の炭酸ガス濃度の日変化を示したものです。メロン室の天窓と、一方の出入口は開放されていたにもかかわらず、日中炭酸ガス濃度は著しく低下しています。

これらの例からも明らかなように、換気が制約

第5図 ハウス内メロン群落中のCO₂濃度の時刻別垂直分布 (今津 1964)



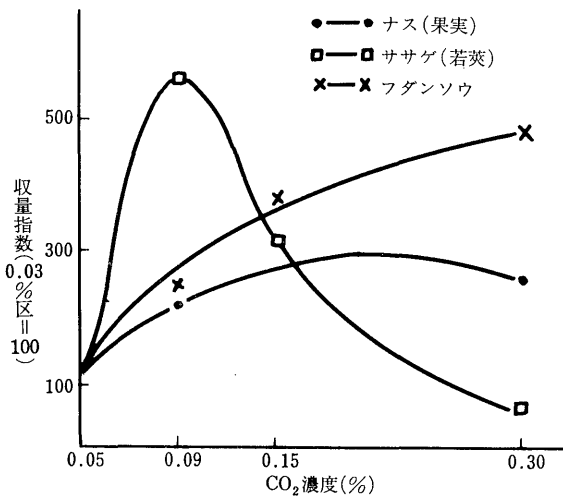
されるハウス内ではもちろんのこと、大気から炭酸ガスの供給が充分にあると考えられる水田や畑でも、作物がよく茂っている所では、日中、炭酸ガス濃度はかなり低下し、とくに風のない晴れた日には、その低下は一層著しくなると、作物の光合成作用が抑えられることが考えられます。

iv) 炭酸ガス施肥と有機物施用の効果

上に述べましたように、炭酸ガス濃度は作物の光合成速度を大きく左右しますが、実際の作物群落中の炭酸ガス濃度は、一般に不足しがちです。

一方、イネ、ムギ、果菜類の多くは、炭酸ガス飽和点が1,000~1,500 ppm 程度であるといわれていますから、炭酸ガス濃度を高めて、積極的に増収をはかることが可能と考えられます(第6図参照)。

第6図 炭酸ガス施肥効果
(今津 1961)



炭酸ガス施肥の問題は、気温が低く、日照が少ない北欧諸国では、以前から関心がもたれ、近年急速に普及しつつあるといわれていますが、日本では、まだ、僅かに一部のハウス栽培で試みられているにすぎません。しかし、安定した多収を挙げ、品質の改善を目指す場合には、炭酸ガスの効果について、充分に考慮する必要があると思われます。

このように考えますと、有機物施用の効果は、従来考えられている窒素や各種塩基、珪酸、微量元素の供給、土壌の物理性の改善、土壌微生物の

活性の強化等の効果のほかに、炭酸ガスの給源として、作物の光合成を促進する効果をもっていることを評価すべきでしょう。

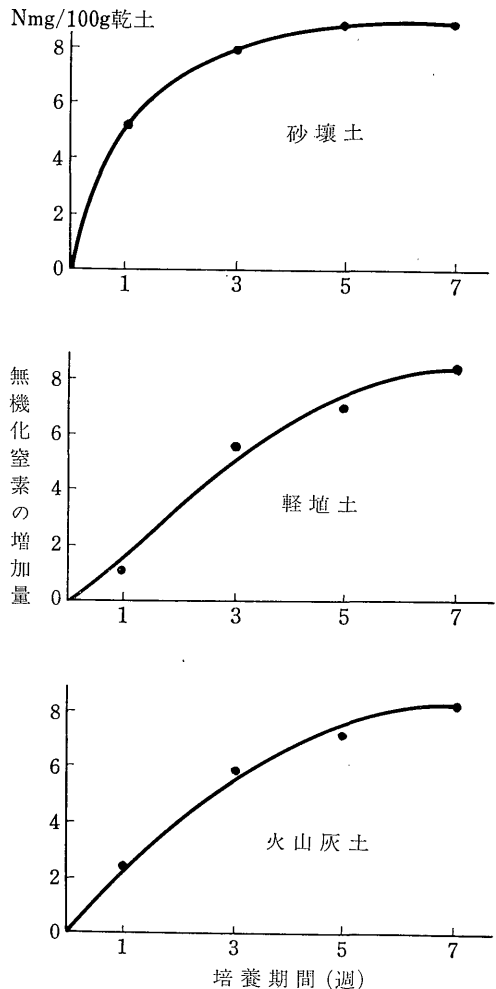
微生物菌体施用効果

土に加えられた動・植物質の有機物は、すべて、土の中で微生物の分解作用をうけていろいろな物質に変化した後、最終的には炭酸ガス、水、アンモニアなどに変わり、一部はいわゆる腐植という形で土の中に残ります。

つまり、有機物のかなりの部分は、一旦、微生物にとりこまれて菌体に変った後、菌体内の代謝や菌体の分解によって炭酸ガス、水、アンモニアになります。

またその過程で、有機物の中に含まれている各

第7図 菌体添加による無機化窒素の増加量
(甲斐 1970)



種の塩基やリン酸、硫黄、珪酸などの植物養分が放出されます。

一般に、微生物の一個体の寿命は非常に短かく、絶えず死んでは生れ代ることを繰り返しています。

また、土に有機物が加えられると、土の中の微生物数は急激に増加しますが、有機物の分解が進むと次第にその数は減少し、やがてほぼ元の数に戻ります。

そこで、土の中での微生物菌体の分解を調べてみますと、第7、8図の通りです。

いろいろな種類の土に微生物菌体（乾燥物）を加えて培養しますと、土から無機化して来るアンモニアの量が増加します。さらに、土の中には、いわゆる地力窒素のような形で蓄積された窒素（乾土効果）も増加します。このような傾向は窒素だけでなく、炭酸ガスの発生量についても、窒素の場合と同じような効果が現われます。

最近、各種の産業で副産物や残渣あるいは、廃液処理の産物として微生物菌体が大量に生産されています。

これらの菌体は蛋白質・ビタミン・ミネラルの含量が豊富で飼料的価値が高く、その方面への利用が多いようですが、上の例で示されるように、有機質肥料としての効果もまた期待できると考えられます。

第8図 菌体添加による乾土効果の増加量 (甲斐 1970)

