

授業のできる光合成量の測定に関する研究 CO₂検知管を用いた光合成量の測定について

奥津高由*・高橋節郎・似内克郎**・辻 功***
神奈川県教育センター

Study on the Measurement of Photosynthesis Rate for a Teaching Material

*Takayoshi OKUTSU, Setsuro **TAKAHASHI, Katsuro NITANAI, ***Isao TUZI
KANAGAWA PREFECTURAL EDUCATION CENTER

はじめに

光合成は、自然界の基礎生産物である有機物を作り出す点で重要な働きをしている。現在授業で行われている光合成に関する実験としては、発生する酸素の気体を数える気泡法、インジゴカーミン液を用いて発生したO₂を知る方法、CO₂の変化をBTB溶液を用いて知る方法などが行われている。これらは、光合成に伴って出入りするO₂やCO₂の物質については明らかになるが、光合成の働きについて理解を深めさせることは難しかった。また、緑色植物における光合成と呼吸の関係を理解させにくい。そのため、教材化に関していろいろな実験材料や実験方法・実験装置の検討が行われてきた。海藻を用いた実験²⁾やプロダクトメーターを用いて海藻の光合成量を求める実験³⁾などがある。しかし、これらは材料の入手の問題や実験装置の複雑さなどが問題点としてある。また、気泡計算法の検討⁴⁾の定性的実験は、発生するO₂を確認するためには多くの時間がかかるなどの問題点がみられる。

光合成の働きを知るには、光合成に伴う気体(O₂, CO₂)の増減を測定すればよい。これらを測定するために、学校現場で行う実験としては実験装

置が簡単で、しかも価格が安く、簡単に実験ができるものが求められている。

そこで、筆者らはCO₂検知管を用いて光合成量の測定を試みた。この方法は、福田⁵⁾が報告しているが、実験材料や方法が中学校現場で行うには適切であると思われない。そのため、生徒の身近にある植物と自作した簡単な装置を使い、光合成の働きをCO₂を通して光の強さと光合成量、葉面積と光合成量、補償点と光飽和点などについて検討してみた。

その結果、この方法を用いて生徒にも簡単に実験ができ、光の強さと光合成の関係、さらに光合成曲線を作成することによって、光合成と呼吸との関係がはっきり理解できると思われる。

材料と方法

実験に使用した材料は身近な植物であるアサガオ、スイセン、ポインセチア、野菜のカブ、ダイコン、イチゴ、木本類のツバキ、カキ、マツ、陰性植物であるシダ(ホシダ)、ヤツデで調べた。植物は実験2時間前に採取したものを使用した。

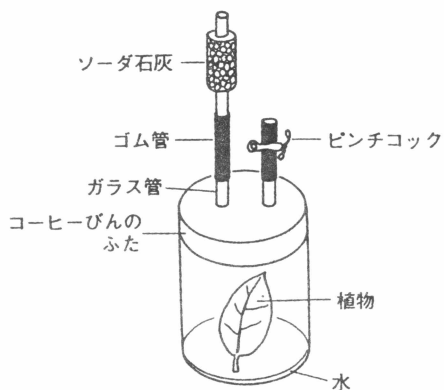
実験装置は、コーヒーのあきびんを使用し、第1図のようにコーヒーびんのプラスチックのふたに赤熱した釘で二つ穴をあけ、それぞれにガラス管を通し、接着剤で固定した。ガラス管にゴム管を通し、一方はソーダ石灰に接続し、他方はCO₂検知管につ

1989年9月15日受理

*現在、南足柄市立南足柄中学校

**現在、神奈川県教育庁指導部義務教育課

***現在、神奈川県立青少年センター

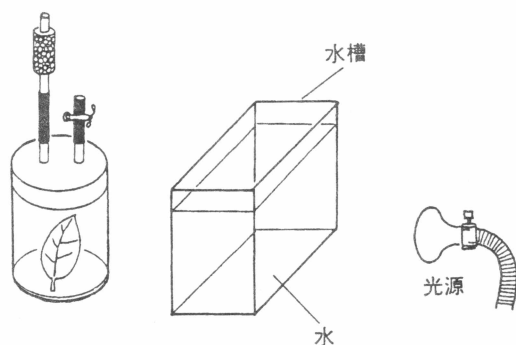


第1図 自作した装置.

ないだ。コーヒーびんは、大型のもの（内容量1150ml）を使用した。

方法は、コーヒーびんの中に水20mlと植物の葉1枚を入れ、ふたをし光を当てた。葉面積の違いによる光合成量は、マツの葉の本数を変えることによって調べた。光の量は、0lux, 1000lux, 3000lux, 5000lux, 8000luxの光をそれぞれ30分間当てた。光源は、東芝レフランプR F 100V-200W室内用フラッド型を1~2個用い、植物体からの距離を変えることによって目的の照度を得た。照度は、コーヒーびんの中の中心部で照度計を用いて測定した。0 luxは、コーヒーびんを暗所に置いて実験した。また、コーヒーびんの中の温度が上昇しないように光源との間に水槽（16×31×25cm）を置いた（第2図）。さらに、一つの照度で1回実験が終わるごとに、コーヒーびんの中の空気を入れ換えた。

30分間経過したところで、CO₂検知管をゴム管につけ、真空法用ポンプで100mlの空気を引いた。3分後、CO₂検知管の変色した先端の目盛りを読みとる。なお、空気中でのCO₂濃度も同様に調べておく。



第2図 器具の位置関係.

その結果、空気中のCO₂濃度とコーヒービン中のCO₂濃度の比較により、光合成でのCO₂濃度の変化量を知ることができる。

このようにして得たデータをもとに、CO₂濃度と照度との光合成曲線を作ることにより、補償点と光飽和点を調べた。

結果と考察

1) 光の強さと光合成量

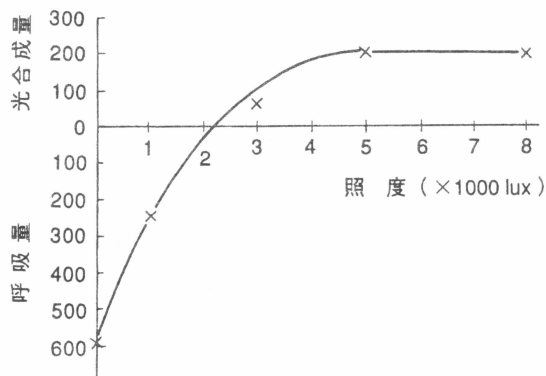
アサガオを用いて実験を行うと、空気中のCO₂濃度が500ppmであったので、CO₂濃度の変化量は次の第1表のようになった。

第1表 光の強さと光合成量
(気温:20℃, 葉面積62.3cm²).

光の強さ (lux)	CO ₂ 濃度変化量 (ppm/100cm ²)
0	+600
1000	+250
3000	- 50
5000	-200
8000	-200

+は排出された量を、-は吸収された量を示す。

上の結果で、0 luxのときは呼吸だけをしており、1000lux, 3000luxと光の強さが強くなるに従って光合成が盛んになり、3000luxでは呼吸量より光合成量の方が上回っていることを示している。さらに細かく知るために、縦軸に変化したCO₂濃度の量、横軸に光の強さをとり、グラフ（光合成曲線）を書くこと第3図のようになる。



第3図 光の強さと光合成量.

呼吸量と光合成量が等しくなっている補償点は、2300lux付近であると考えられる。さらに、光を強めていっても光合成量が増えない所が出てくる光の飽和点は、アサガオの場合、約4000lux付近である。

2) 葉面積と光合成量

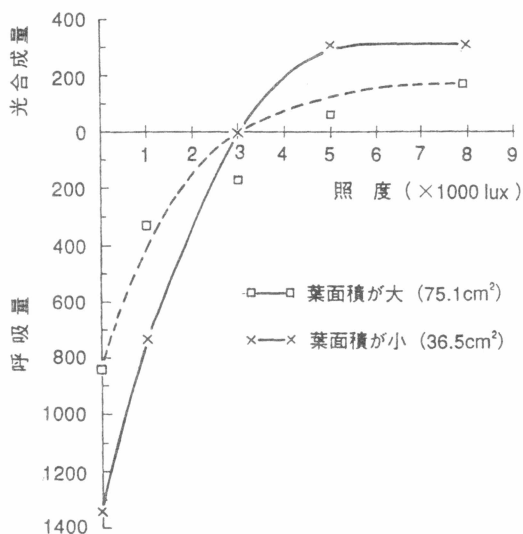
次に葉の面積の違いによって、光合成量がどのように変わってくるかを前述の方法でマツを使って検討してみた。マツを使用したのは葉面積を自由に変わることができることと、針葉樹についてのデー

第2表 葉面積の違いによる
光合成量(マツ, 気温18℃).

光の強さ (lux)	葉面積	
	75.1cm ²	36.5cm ²
0	+1340	+840
1000	+732	+336
3000	0	+186
5000	-333	-56
8000	-333	-168

表中の数字はCO₂の変化量(ppm/100ml)で、+は排出量を、-は吸収量を示す。

ターが見られなかったからである。葉の面積は、グラフ用紙に葉を描き、そのます目を数えて算出した。マツの葉38組76枚(75.1cm²)と23組46枚(36.5cm²)の枝とで比較した。その結果が下の第2表である。



第4図 葉面積の違いによる光合成量。

第2表から光合成曲線を描くと第4図のようになる。葉の面積の割合と光合成量が同じ割合になっていないところがみられるが、8000luxでは、ほぼ2:1の割合になっている。しかし、補償点である3000luxを過ぎたところから、葉の面積が小さいものの方が曲線の傾きが大きい。

CO₂濃度が低くなると、光合成の機能が低下するという報告があるが、葉面積が大きいと吸収するCO₂量が多くなって、容器内のCO₂濃度が下がり、葉面積が小さいものより早く光の飽和点に達したものである。葉面積が小さいものはまだ飽和点に達しておらず、光を強めていくことによって光合成量は増加すると思われる。

3) 植物の補償点と光の飽和点

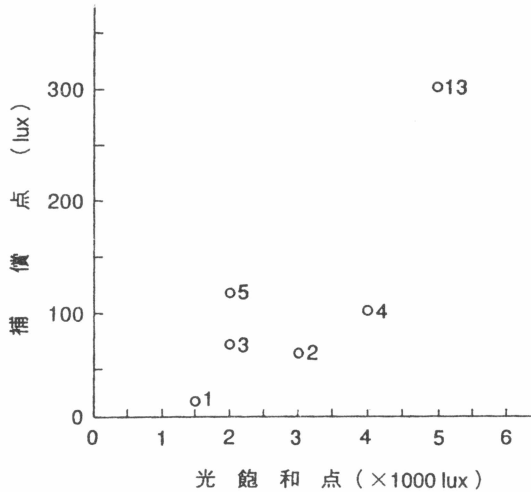
(1) 植物の補償点

いろいろな植物で実験し、光合成曲線を作成して補償点を求め、低い順に並べたのが第3表である。

第3表 植物の補償点と光の飽和点

No	植物名	補償点	光飽和点
1	アジサイ	200	1500
2	カキ	600	3000
3	ポインセチア	700	2000
4	ツバキ	1000	4000
5	ヤツデ	1200	2000
6	イチゴ	1400	3000
7	サトイモ	2000	3500
8	スイセン	2000	4000
9	カブ	2000	5000
10	ダイコン	2000	6000
11	アサガオ	2300	4000
12	シダ	2500	4000
13	マツ	3000	5000

木本類が全体に低い値1000lux前後を示している。陰性植物であるヤツデやシダ(ホシダ)が意外に高い値を示している。これは、太陽の当たる所から採取したためであると思われる。他の植物もそうであるが、日の当たる所の葉(陽葉)と日陰で生育している葉(陰葉)は、補償点・光合成量が違うことが知られている。これは、生育の過程で光合成の機能が光によって強まったり、弱まったりしたものと考えられる。



第5図 木本類の補償点と光飽和点との関係。

(2) 光の飽和点

補償点が高い植物は、光飽和点も高い傾向がみられる。とくに、木本類は、マツとヤツデが、またアジサイ、カキ、ポインセチア、ツバキがそれぞれ相関関係を示す（第5図）。

教材化に対する考察

生徒は昼間、植物は光合成をすることは知ってい

るが、呼吸はしていないものと勘違いする。このような混乱をなくすために、定量的に実験をして求められた光合成曲線によってわかる CO_2 濃度の変化や、光の強さによって、光合成量が変化していくことを知ることができる。さらに、定量的に測定することにより補償点を知り、呼吸量と光合成量とが等しい点であることが理解できると思われる。

このように定量的な扱いを光合成ですることによって、いっそう深く理解できるものと思われる。さらに、光合成によって生産されたものが、食物連鎖のサイクルの中で重要な位置を占めていることがわかると考えられる。

引用文献

- 1) 篠原尚文・太田次郎. 1975. 先生と生徒のための新しい生物実験. 共立出版. 210-21 190-193.
- 2) 山口俊也・岡崎恵視・古谷康造. 1986. ペーパー変化を利用した海藻の光合成検出量. 遺伝, 40(3), 18-21.
- 3) 片山 康・横浜康継・古谷康造. 1986. プロダクトメーターによる海藻の光合成測定. 遺伝, 40(3), 22-26.
- 4) 佐伯久美子・矢部. 1981. 光合成実験における気泡計算法の検討. 教材生物ニュース, (69), 92-95.
- 5) 福田 直. 1983. 科学と実験. 図説 教材生物 上. p.210-211.