

光合成・呼吸の実験・観察法とその工夫

川島政吉

学習指導要領の改訂にともない、各学年ごとに取り扱われていた植物教材が、第1学年で植物についての総合的な知識や理解を図るように改訂された。そこで、葉のはたらきである「光合成・呼吸」の学習において、主体的な探究活動を通して科学的な見方ができる、実験・観察法についての検討を中心とした研究主題を設定し、同時にコンピュータを活用する方法についても研修を行った。ここでは、その成果の一部について紹介する。

〔キーワード〕 中学校 植物教材 光合成 呼吸 pH指示薬 コンピュータ計測 酸素センサー

はじめに

新学習指導要領では中学校理科の目標が、従前の「実験・観察を通して～」という表現から「実験・観察などを行う～」という表現に変わり、実験・観察が一層重視されるようになった。

このことは、第2分野の目標や内容にも大きく反映され、関心・態度といった情意的な面の重視と、指導法や実験・観察の重要性が強調されている。

従前の植物教材では、第1学年「植物とつくり」、第2学年「維管束(吸水・通道)と蒸散」、第3学年「光合成や生産者としての役割」を学習することになっていたが、今回の改訂では、第1学年で植物についての総合的な知識や理解を図ることになっている。

そこで、葉のはたらきである「光合成・呼吸」の学習において、主体的な探究活動を通して、科学的な見方ができる実験・観察法をテーマとして研修を行った。

ここでは、その成果の一部を紹介する。

1 実験1 pH指示薬による光合成の確認

光合成が進行していることを、実験によって印象的にとらえさせることは難しい。そこで、光合成の二酸化炭素源として炭酸水を用い、pH指示薬を利用した実験法について検討した。

準備

オオカナダモ、寒天(粉末)、pH指示薬(BTB、クレゾールレッド、BTB・フェノールレッド)、炭酸水、ペトリ皿、OHP、ピーカー、ガスバーナー、三脚、アスベスト金網、保温器具(プロピレン製容器、150 W鑑賞魚用ヒーター)、ピペット、温度計

方法

- (1) オオカナダモを6~8cmほどに切断し、水を入れたピーカーの中に入れ、暗黒中に約20分間放置する。
- (2) 0.6%寒天液(水100mlに対し寒天を0.6g)を作り、液温が43℃ぐらいになったら、pH指示薬を少量加える。
- (3) 寒天液が38℃ぐらいになったら、ペトリ皿に移し炭酸水を0.4~0.5ml加え軽く混ぜ、暗処理したオオカナダモを入れる。
- (4) 太陽光またはOHPを光源とし、光合成によるpH指示薬の変化を観察する。

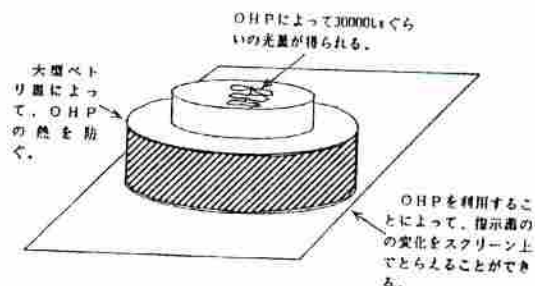


図1 pH指示薬による光合成の確認

結果と考察

(1) 実験の結果は表1のとおりである。

表1 光合成によるpH指示薬の色の变化

pH指示薬	pH指示薬の色の变化
BTB	約15分で变化しはじめ、約30分で青色への変化を確認できる。
クレゾールレッド	約10分で变化しはじめ、約20分で赤色への変化を確認できる。
BTB・フェノールレッド	約10分で变化しはじめ、約20分で紫色への変化を確認できる。

- (2) pH指示薬はそれぞれ酸性から中性を経てアルカリ性の呈色へと、短時間で色が変化していくので理解しやすい。
- (3) クレゾールレッドは8,000Lx程度でも50分以内で変化が起こり、色の变化も鮮やかである。
- (4) 色が变化したものを暗所に置いて、翌日観察すると、オオカナダモの回りだけが、酸性の呈色を示すので、呼吸の観察にも応用できることが分かった。

2 実験2 pH指示薬による呼吸の確認

植物が動物と同じように呼吸していることを、視覚的にとらえさせる。

準備

カイワレ大根、もやし、エノキダケ、大型試験管(内径24mm)、試験管たて、ピーカー、ガスバーナー、三脚、金網、保温器具(プロピレン製容器、150 W鑑賞魚用ヒーター)、ピペット、温度計、ガラス棒、ろ紙、アルミニウムはく、ピンセット、ガーゼ、ゴム栓、寒天(粉末)、飽和水酸化カルシウム溶液、pH指示薬(フェノールフタレイン)

A ろ紙を用いる方法

方法

- (1) 一辺が5cmの正方形に、ろ紙を切る。
- (2) 飽和水酸化カルシウム溶液10mlにpH指示薬を少量加えると、アルカリ性の呈色を示すので、これにろ紙を入れて染める。
- (3) 大型試験管に、実験材料をそれぞれ約10gずつ入れ、アルミニウムはくで覆う。対照として空気だけのものも用意する。
- (4) ピンセットでろ紙を取りだし、実験材料を入れた大型試験管にろ紙でふたをするようにのせ、ろ紙の色の变化を観察する。

飽和水酸化カルシウム溶液に指示薬(フェノールフタレインまたはBTB)を加え、ろ紙にそれを染み込ませた後、試験管にふたをすようにのせる。

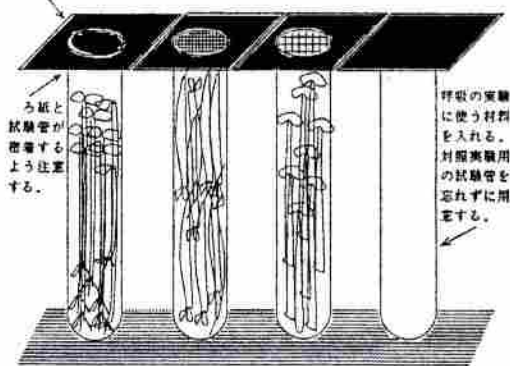


図3 ろ紙による呼吸の確認

結果と考察

(1) 実験の結果は表2のとおりである。なお、室温は21℃であった。

表2 フェノールフタレインの色の变化

実験材料	フェノールフタレインの色の变化
カイワレ大根	約7分で变化が現れ、15分で紅色の中に、円形の白色部分が確認できる。
もやし	約3分で变化が現れ、10分で紅色の中に、円形の白色部分が確認できる。
エノキダケ	約3分で变化が現れ、10分で紅色の中に、円形の白色部分が確認できる。

- (2) 色の变化は、はっきりと確認できた。特に、もやしとエノキダケは短時間で確認でき、この実験の材料として適している。

参 考

- (1) BTBを用いた場合は、色の变化を確認するのに20~30分かかる。
 (2) BTB・フェノールレッド用いた場合は、色の变化を確認するのに約15分かかる。

B 寒天液を用いる方法

方 法

- (1) 0.6%寒天液(水100ml に対し寒天を0.6g)を作り、液温が40℃ぐらいになったら、pH指示薬を少量加える。
 (2) この寒天液100ml に飽和水酸化カルシウム溶液を0.3~0.5ml 加えて混合し、大型試験管にそれぞれ入れる。
 (3) 寒天液が固まったら、ガーゼを敷き、その上に実験材料をそれぞれ10g のせ、ゴム栓をする。対照として、何も入れない試験管を用意する。
 (4) 固まった寒天液の色が、時間とともに変化して行く様子を観察する。

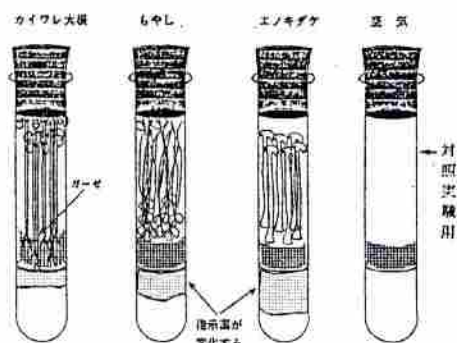


図4 寒天液による呼吸の確認

結果と考察

- (1) 実験材料の呼吸によって生じた二酸化炭素の影響で、時間とともに、寒天液中のpH指示薬の色が、上の方から順に、無色に

変化して行く様子を観察することができた。

- (2) 対照実験も空気中の二酸化炭素の影響により、多少ではあるが、色の变化がみられた。
 (3) pH指示薬の変色域は、エノキダケ、もやし、カイワレ大根、対照の順に大きかった。おおよそではあるが、定量的な比較も可能と思われる。
 (4) カイワレ大根の場合は、光合成も同時に行われるので、光が当たらないようにして、実験を行う必要がある。

3 実験3 コンピュータ計測による光合成と呼吸の測定

光合成と呼吸による酸素濃度の変化を、直接測定するため、酸素センサーとコンピュータを用いて計測する。

準 備

植物の緑葉(ハイビスカス、エゾノギシギシ)もやし、エノキダケ、コンピュータ、RS232C用ケーブル、酸素センサー(KE-25)、温度センサー(LM35)、ADコンバータ(MB4052)、オペアンプ(TLC272)、電池(006P)、プリンター、計測用プログラム、セロテープ、プラスチック容器(容積150cm³)、ガーゼ、照度計、0.4%炭酸水素ナトリウム水溶液

方 法

- (1) プラスチック容器のふたに穴をあけ、酸素センサーと温度センサーを固定する。
 (2) RS232C端子とADコンバータをケーブルで接続する。次に、ADコンバータに酸素センサーを接続したオペアンプと温度センサーを接続する。ADコンバータとオペアンプに電池(006P)を接続する。
 (3) 計測用プログラムを起動して、オペアンプの可変抵抗を調節し、酸素濃度の表示を21%とする。
 (4) プラスチック容器の底に、炭酸水素ナトリウム水溶液を染み込ませたガーゼを敷き、その上に、あらかじめ葉面積を測定してお

いた植物の緑葉をのせ、ふたをしてセロテープで密閉する。容器は、直射日光の当たる場所に置く。

- (5) 計測用プログラムを再度起動し、測定を行う。このとき明るさ（照度）も測定する。測定が終了したら、データを保存し、画面上のグラフをプリントする。
- (6) 緑葉の種類をかえて、同様の実験を行う。対照として植物を入れないで、同様の実験を行う。
- (7) プラスチック容器に、あらかじめ重量を測定しておいたもやしを入れ、ふたをしてセロテープで密閉する。このとき、容器に光が当たらないようにする。
- (8) 計測用プログラムを再度起動し、測定を行う。測定が終了したら、データを保存し、画面上のグラフをプリントする。
- (9) 植物の種類をかえて、同様の実験を行う。対照として植物を入れないで、同様の実験を行う。

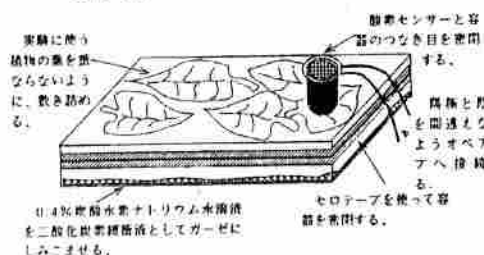


図5 プラスチック容器

結果と考察

- (1) エゾノギシギシの葉（葉の総面積が約55 cm²）では、照度40,000Lxで、図6のような結果が得られた。

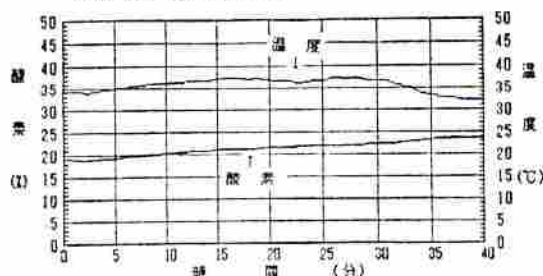


図6 エゾノギシギシによる酸素濃度の変化

- (2) エノキダケ（40g）では、暗黒条件下で、図7のような結果が得られた。

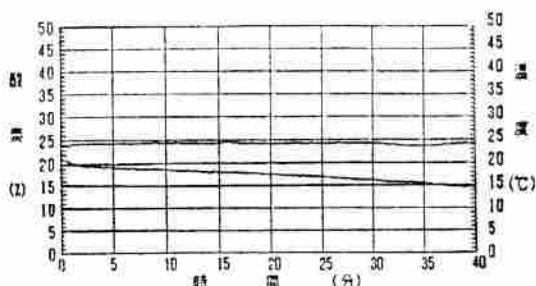


図7 エノキダケによる酸素濃度の変化

- (3) 対照実験では、酸素濃度の変化はみられなかった。
- (4) 光合成による酸素濃度の変化より、呼吸による酸素濃度の変化の方が顕著であった。
- (5) 実験中の温度を一定に保つこと、多くの植物のデータを取るなどが、今後の課題である。
- (6) 応用として、動物の呼吸を調べることも可能と思われる。

おわりに

時期的な関係から、取り扱うことのできた植物の種類に限りがあった。今後、数多くの植物についてデータを集める必要がある。そのためには、実験に用いる教材生物等を計画的に育て、管理していくための研究も必要である。

また、定性的な実験から定量的な実験へ発展させるための工夫が必要であり、その手だての一つとして、コンピュータの活用が有効であると思われる。

なお、詳細については、平成4年度後期長期研修集録に記載されているので参照されたい。

（文責 生物研究室）