

## 8 水の通り道3 ～蒸散作用と気孔～

### 1 研究の動機

昨年度までの研究で、葉が水を吸い上げる働きをすることを確かめられた。葉の数や種類、天気や時刻と、蒸散作用との関係を研究してきた。また、顕微鏡でいろいろな植物の気孔を観察することもできた。本年度は、昨年の課題として残った、吸い上げられた水がどう使われるのかという、光合成や呼吸での葉の働きを調べてみたい。

### 2 研究内容

#### (1) 葉の光合成

- ア でんぷんを確かめる
- イ 葉からでんぷんを取り出す
- ウ でんぷんの観察
- エ 酸素を出すことを確かめる

#### (2) 光合成の条件

- ア 光の強さとの関係1・試験管での実験
- イ 光の強さとの関係2・距離を変える
- ウ 光の色との関係
- エ 温度との関係
- オ 二酸化炭素との関係

#### (3) 葉の吸収

- ア 発芽アズキとカイワレダイコンの実験
- イ モヤシとサツマイモの実験
- ウ ケイトウの実験

#### (4) 葉緑体と気孔の観察

- ア オオカナダモ・アサガオ・ユリ等の観察
- イ ツクサの気孔を閉じてみる

### 3 研究の方法とその結果

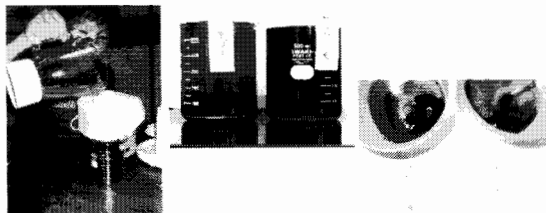
#### (1) 葉の光合成

##### ア でんぷんを確かめる

アサガオの葉を使い、アルミホイルで2日間光をさえぎった葉とそのままの葉を、エチルアルコールに入れ、葉の緑を溶かしたした後、ヨウ素液にひたした。そのままの葉は、黒紫色に染まり、葉に日光があたるとでんぷんができることがわかった。

##### イ 葉からでんぷんを取り出す

アサガオの葉と水をミキサーに入れ、かくはんした後、フィルター等を使ってこし取った。それに水を入れてでんぷんをちんでんさせ、うわずみ液を捨てた後、天日で干し、水分を蒸発させてみた。乾く直前の液を顕微鏡でのぞいたり、ビーカーの底にたまったものに、ヨウ素液をたらしてみたりして、でんぷんかどうかを確かめた。同じことをサツマイモの葉でもやってみた。



##### ウ でんぷんの観察

サツマイモを切った時に出る白い液に薄いヨウ素液を加えて、顕微鏡で見た。②の葉にできていたでんぷんとは大きさは違うが、よく似た丸いつぶ状のものが黒紫色に染まって見えた。他にも、ジャガイモのでんぷんは年輪のような模様があり、バナナはふさのように重なり合っていたり、ハナキリンは骨のような形をしていたりと、でんぷんの形もいろいろありおもしろかった。

##### エ 酸素を出すことを確かめる

ペットボトルにサツマイモの葉とオオカナダモをそれぞれ入れ、水をいっぱいに入れた。日光に十分に当たった後、たまった気体を水上置換法で試験管にとり、火のついた線香を入れてみた。線香の火が激しく燃えたことから、気体に酸素が多くふくまれていることが分かった。



## (2) 光合成の条件

### ア 光の強さとの関係 1・試験管での実験

水にBTB溶液を入れ、息をストローで吹き込み、緑色(中性)に変化させたものを5本の試験管に入れ、その内4本にオオカナダモを入れた。アルミホイルやガーゼを巻き、光の当たり方に差をつけた。



何も巻かなかったものは、青色に変わり、ガーゼを巻いたものも、薄い青色に変化した。アルミホイルを巻いたものは、ほんの少し黄色が濃くなった。これらは、光合成により、二酸化炭素が少なくなり、BTB溶液が青色にもどったと考えられる。アルミホイルを巻いたものは、光合成ができないので、呼吸による色の変化が見られたのかもしれない。やはり、光の当たる強さにより、光合成の量が違うことが分かる。

### イ 光の強さとの関係 2・距離を変える

光合成に必要な二酸化炭素を水に溶かし込むため、0.7%炭酸水素ナトリウム水溶液を作り、そこにオオカナダモの茎をななめに切り、切り口を上にして、試験管の中に入れた。100Wの電球から10cmずつ離れた場所で光を当て、5分間に発生する気泡の数を数えた。

【表1】 光の強さと光合成量の関係

(水温は29℃を保った)

光源からの距離 (cm)	10	20	30	40	50	60	70
5分間に発生した気泡の数	27	22	16	12	9	6	4

この実験は、夜に部屋の電気を消して行った。気泡の数を数えるのにちょうどよいオオカナダモを見つけることや、水温を一定に保つことに苦労をした。光を当てない時は、オオカナダモに変化がないため、光合成はしていないと考えられる。光を当てると気泡が発生することから、気泡の成分のほとんどが光合成によってつくられる酸素であると考えられる。光源からの距離が近き、光が強いほど、多く酸素が発生した。

### ウ 光の色との関係

イと同様の装置を使い、光源とオオカナダモの間にセロハン紙を入れてみた。

【表2】 光の色と光合成量の関係

(光源からの距離は10cm)

セロハン紙の色	透明	赤	黄	青	緑
5分間に発生した気泡の数	30	28	25	11	3

4色のうち、光合成に最も適しているのは赤で、適していないのは緑である。透明なセロハンでは、光のすべての色が使われたため、最も多く気泡が発生したのだろう。植物が緑色をしていることと、緑の光の時に気泡の数が少ないこととの間に何か関係がありそうだ。調べてみたいと思った。

### エ 温度とも関係

イ・ウと同じ装置で、水や湯を混ぜているいろいろな温度の水を作り、気泡を数えた。

【表3】 温度と光合成量の関係

(光源からの距離は10cm)

水温 (℃)	10	15	20	25	30	35	40	45
5分間に発生した気泡の数	0	7	31	33	41	48	62	14

オオカナダモの光合成に適した温度は、35~40℃くらいだと考えられる。オオカナダモを買った金魚屋さんの話では、常温より少し高めに水温を設定しておくそうだ。そうすることで、元気に育ち、買ったお客さんも世話がしやすくなるそうだ。この話と結果が結びついてうれしくなった。

### オ 二酸化炭素との関係

煮沸して二酸化炭素を追い出して冷ました水、普通の水、濃度の違う炭酸水素ナトリウム水溶液を用意し、今までと同じように、発生する気泡を数えた。

【表4】 二酸化炭素の濃度と光合成量の関係 (水温は28℃・光源からの距離は10cm)

炭酸水素ナトリウムの濃度 (%)	0.0 (水)	0.1	0.5	1.0	煮沸して冷ました水
5分間に発生した気泡の数	11	13	27	32	0

煮沸した水では、当然のことだが、光合成が行われなかった。また、二酸化炭素の濃度が高くなると、光合成量も多くなっていった。しかし、前の実験の時に、計算を間違えて7%の炭酸水素ナトリウム水溶液にオオカナダモを入れたら、オオカナダモがぐったりとしてしまった。二酸化炭素の

濃度も、光合成を行うのに適した濃度があるのだ。

### (3) 葉の呼吸

#### ア 発芽アズキとカイワレダイコンの実験

石灰水にBTB溶液を加え、青く染めたる紙を使って、発芽アズキと暗いところに入れておいたカイワレダイコンから、二酸化炭素が発生することを確かめた。

#### イ モヤシとサツマイモの実験

それぞれを袋に入れ、数時間明るい所と暗い所においた後、中の気体をBTB溶液と石灰水に通してみた。

【表5】葉は呼吸をする ～モヤシとサツマイモの実験～

材 料 場 所	モヤシ 暗い所	モヤシ 明るい所	サツマイモ 暗い所	サツマイモ 明るい所	息を 吹き込む
石灰水の変化	白くにごる	白くにごる	白くにごる	変化なし	白くにごる
BTB溶液の変化	青→黄	青→黄	青→黄	変化なし	青→黄

モヤシはサイズから発芽しつつあるものであり、葉にあたるものがないため、明るい所に置いても、呼吸しか行わないのだろう。明るい所に置いたサツマイモの葉は、光合成を行っているため、出される酸素の方が多いため、上のような結果になった。

#### ウ ケイトウの実験

気体検知管を使って、光合成と呼吸での、酸素と二酸化炭素の濃度を測定した。光合成でははっきりとした数字が出たが、夜間の呼吸ではあまり変化が見られなかった。呼吸での気体の出入りは、光合成に比べると、わずかな量であるのかもしれない。



【表6】気体検知管を使って ～ケイトウの実験～

	昼間・8月13日(晴)			
	34℃	36℃	37℃	37℃
酸素濃度 (%)	18.5	18.5	19.0	19.5
二酸化炭素濃度 (%)	4.1	3.0	2.1	1.2
	はじめ 1時間後 2時間後 3時間後			
	夜間・8月15日(晴)			
	27℃	26℃	24℃	24℃
酸素濃度 (%)	17.0	16.0	16.0	16.0
二酸化炭素濃度 (%)	4.9	4.9	4.5	4.5

### (4) 葉緑体と気孔の観察

光合成が行われるのは、細胞内の葉緑体の働きのためである。そこで、顕微鏡でいろいろな植物を観察すると、アサガオやユリ、ツユクサ等では、気孔の孔辺細胞に葉緑体があるのが分かった。また、ツユクサのプレパラートに砂糖水を加えて、気孔を閉じさせてみたが、実際の気孔の開閉の条件と光合成との関係をもっと調べてみたいと思った。

## 4 考察

根から吸収され、葉によって吸い上げられた水は、葉の表皮の気孔から入った二酸化炭素と結びつき、葉緑体で吸収された光によって、でんぶんや糖、酸素となり、また気孔からはき出されるのだ。まるで葉緑体は、細胞の中にある光合成の工場のようなのだ。また、植物も人や動物と同じように呼吸をしているが、光合成を行うことにより、呼吸で使う以上の酸素を空気中に出しているのだ。

この研究結果を持って、県の林業技術センターにうかがってお話を聞いたら、さらに具体的なことが分かってきた。例えば、1年間に1人の人間が呼吸により出す二酸化炭素を吸収するのに、必要なスギの数は23本、車1台が160本、1世帯での電気やガスの使用では460本という、すごい数のスギが必要だということなのだ。植林もそうだが、身近なところから、緑を守り、増やす努力も大事だ。地球博の日本館はコグマザサを外壁にしていたし、ビルの屋上に木を植えたり、屋根が芝生になっている建物も見かけた。今後このような取り組みをもっと考えてやっていくべきなのだ。

また、光合成の働きを考えてみることは、研究をしていく中でもたくさん出てきた。祖父が「温室農家では、温室でプロパンを燃やしているそうだよ」と教えてくれたので、袋井市内のメロン農家を訪ねてみた。ハウスの横には、大きな炭酸ガス発生装置があり、温室とパイプで結ばれていた。光合成がさかんな午前中の3～4時間、炭酸ガスを送るそうだ。十分に成長をさせ、よりおいしいメロンを作るために、こんな工夫がされていることに、とてもおどろいた。

## 5 今後の課題

- ・気孔の開閉は、孔辺細胞にどの程度水が含まれるかによって決まるらしい。何が孔辺細胞の水分量をどのように変えるのかを調べてみたい。孔辺細胞には葉緑体があり、そのことが光合成という営みを通して、気孔の開閉にどう関わってくるのかを研究したい。
- ・今までは根から吸い上げられた水の移動やその使われ方を調べてきたが、次は、光合成で作られた養分が、どのようにして植物体内を移動し、貯蔵されるのかを調べてみたい。