

光合成と光の色の関係性

静岡サレジオ中学校

3 年 小川瑛史華

動機

本研究に取り組んだきっかけは、以前から植物の光合成では光のどの色を利用するのかを調べ、その結果を応用させたいと思っていたからだ。私達が日常で目にしている光には、赤黄緑青紫といった多くの色が合わさっている。近年、植物工場や水耕栽培所では、室内で人工の光源を使うことによって植物を育てられるようになってきた。その際に利用される光は赤紫色が主流であるということを実際に工場に行き知ったため、この研究によってその理由をより知りたいと思ったためだ。

研究目的・概要

照射される光の色の違いによって植物の光合成活性にどのような違いが現れるのかを調べるのが目的である。そのため実験 1、3 では、緑色の水草であるオオカナダモに様々な色の光源を当て、各色の酸素排出量を比較した。また、実験 2 では植物自体の色の違いの影響を調べるために、緑色でない水草を使い同様の実験を行った。最終的に全 3 つの実験の結果を踏まえ、光合成と光の色の関係を分析し、また結果から推測できる光合成の仕組みなどについて考察する。

【実験 1】

実験の趣旨

光源の違いによる植物の光合成の度合いを測る。

実験方法

水中のオオカナダモに、各色（白・赤・黄・緑・青・紫）の光源を 20 秒間照射し、その間に発生する気泡の数を測定した。正確な測定をする為、各オオカナダモは 8 cm、各光源との距離は 5 cm、実験回数は各 10 回行い その平均値を採用した。

実験器具・試料

光源（LED）セロファン紙（赤・黄・緑・青・紫）試験管 オオカナダモ

実験結果

次ページの図 1、図 2 から各色の結果を比較すると 20 秒間あたりの平均気泡数の大小関係は大きい順に白色光、赤色光、紫色光、黄色光、青色光、緑色光の順であり、結果が白色光での値が他と比べ大きすぎたため、一緒にグラフ化すると単色光どうしの実験結果の違いが見にくくなってしまうので、単色光の実験結果のみで比較したものと各単色光の結果と白色光の結果を比較したもの（図 2）の 2 種類のデータを載せた。考察光合成では赤色が最も効率よく吸収され、緑色光はほとんど利用されないということが推測された。ただ、この実験方法では、気泡の発生数を数えたわけであるが、各々の気泡の大きさにばらつきがあることが見られたため、一概に、気泡数＝発生した酸素の量とは言えないことが懸念材料として考えられる。厳密に観測実験を行う為には、気泡数×各気泡の体積＝発生した酸素の量とするべきではないのか。実験 1 の方法では気泡の体積の観測は不可能なため、実験 3 にて、この問題を改善する

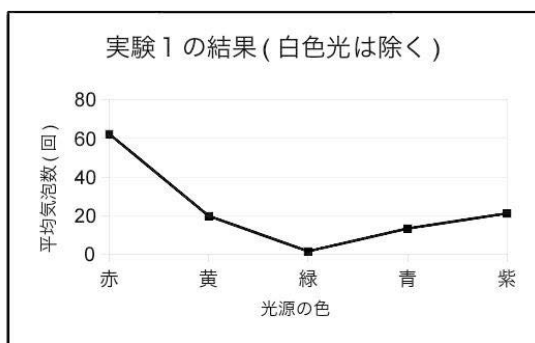


図1 単色光の結果

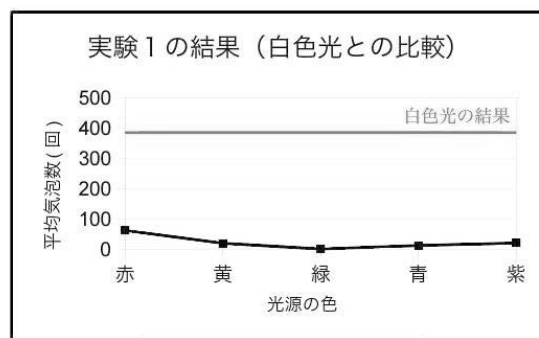


図2 白色光と比較した結果

【実験2】

実験の趣旨

実験1で使用したオオカナダモ本体は緑色であった為、光合成には緑色が必要ではなかった という理論も考えられる為、緑色ではない植物でも同実験を行い精査する。

実験方法

ロタラ (R: 赤, Y: 黄, G: 緑) を使用して実験1と同じ手順で行う。但し、ロタラとオオカナダモでは維管束の大きさに差異があるため公平な観測の為に測定時間を調整する。

実験器具・試料

光源 (LED) セロファン紙 (赤・黄色・緑・青・紫) 試験管 オオカナダモ 試験管立て 試験管栓 ストロー ビデオカメラ ロタラ (Sp ベトナム, R, Gleen)

実験結果

実験2の結果をまとめたものをグラフ化したのが図3である。まず全体的な特徴として、同じロタラ種でも色によって気泡の発生数が大きく異なり、ロタラG (緑色)、ロタラR (赤色)、ロタラY (黄色) の順に気泡が発生しやすいと読みとれる。また、共通して緑色光を照射した際は気泡が発生しないという点が共通していた。ロタラRのみで気泡数は、白色光を除き、紫色光が大きく、赤色光の値が低かった。ロタラYは、黄色、赤色、紫色の数値は同程度の気泡数となり、青色光では気泡が発生しないという結果が得られた。ロタラGでは実験1と同様、赤色光のときに最も気泡が多く発生し、黄色、青色、紫色の実験結果の大小関係については実験1、2とは異なる結果となった。

表1 実験2の結果

	光源の色	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
平均気泡数 (回/40秒)	ロタラR	3.5	1.2	1.0	0	1.2	3.5
	ロタラY	1.0	0.4	0.4	0	0	0.4
	ロタラG	6.6	5.8	0.2	0	3.8	2.4

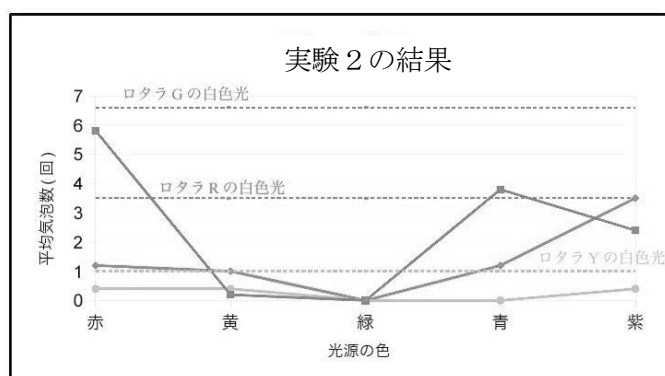


図3 各種ロタラの実験結果

(赤がロタラR、緑がロタラG、黄色がロタラYの実験結果のグラフ)

考察

どの試料を用いた実験でも、緑色光では気泡がほとんど発生しなかったことから、植物そのものの色は関係なく、全ての植物は緑色光を光合成にはほとんど利用しないということが推測できる。逆に、全ての植物は、赤色光に大きく反応を示している。ただし、どの程度光合成に利用するかについては、植物の色により違うこともわかり、緑色の植物は他の色の植物と比べ光合成を活発に行うことがわかった。

【実験 3】

実験の趣旨

実験 2 より、全ての植物は緑色光をほとんど光合成に利用しないと踏まえ、緑色以外の光での光合成の度合いを、実験 1 での問題点であった発生する気泡の総体積を測ることで精査する

実験方法

ろうとより大きなビーカーを用意し、ろうとの本体にオオカナダモを気泡が出入りできる隙間を残して入れ、ろうとの開口部に水の入った試験管を被せる。各色光の照射を 30 分行い、試験管内の水位の変化を測定する。

実験器具・試料

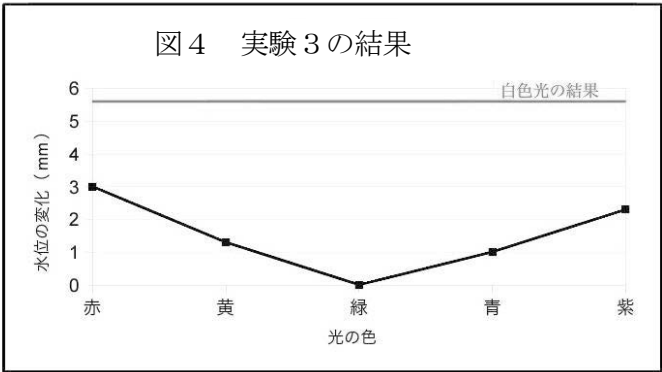
光源 (LED) セロファン紙 (赤・黄・緑・青・紫) 試験管 オオカナダモ ろうと 定規

実験結果

実験 3 の結果をまとめたものをグラフ化したのが図 4 である。各単色光での酸素発生量は大きい順に赤色光、紫色光、黄色光、青色光、緑色光の順で あった。この順番は実験 1 の結果と同じである。また、緑色光については実験時の気泡の発生自体がほとんどなかったため 0 mm と表記している。

表 2 実験 3 の結果

光源の色	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
水位の変化 (mm)	5.6	3.0	1.3	0	1.0	2.3



考察

実験 1 の結果と同様に、赤色光を照射した時に最も多くの酸素が発生しており、次に紫色光であり、黄色光と青色光ではほぼ同程度の結果となった。実験 1 の際、発生する気泡の大きさの違いから、実際の酸素発生量に差異があるのではないかと疑ったが、結果として特段の差異はないことがわかった。各色に対する植物の呼吸の深さが気泡の大きさなのかもしれないと思った。

結論と今後の展望

全ての実験において「赤色光を照射したときに大きな反応があった」こと、「緑色光での 実験でほとんど反応がなかった」ことから、「植 物は光合成をする際に、赤色光を最もよく利用しており、逆に緑色光はほとんど利用して いない（ただし、全く利用しないわけではない）」という推測は正しいのではないかと思 われる。また、実験 3 の結果（赤や黄色の植物でも同じ傾向が現れていること）より、この考えは緑色の植物に限らず、全ての植物において適用されるのではないかという理論の拡張が期待される。この話をさらに発展させると「植物は光合成において、光 が関係する仕組みに関しては共通の機構を持っている」という考えにまで飛躍させられる のではないかと思った。 また、実験 3 から、各々の 色光を利用する割合は植物の種類によって異 なるということも確認ができた。特に、植物自体の色も光合成に深く関わっており、つまり、植物の色を決定付ける要因の「色素」が光合成に深く関わっているのでは ないかと推測ができる。当初の予想では「緑色の植物では緑色の光が光合成に使われず、赤や青色の光が光合成に大きく関与する」という単純な考えであったが、「赤色光は緑色の植物に関わらず全ての植物において光 合成の主たる部分に関わる可能性がある」といった点や、「植物の色素の役割」といった より複雑な要因が潜んでいるのだろうことが推測された。今後は更にそういった深い部分 を探る研究もしていきたいと思う。

参考文献

中学教育研究会（2016）『中学 解説 用語&資料集 理科（自由自在 Pocket）』増進堂・受験研究社

全実験データ

表 3 実験 1 の実験結果まとめ

	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
1回目	600	65	21	6	14	16
2回目	200	64	20	0	13	23
3回目	105	65	20	0	13	15
4回目	520	59	21	0	15	27
5回目	600	58	21	3	13	23
6回目	340	63	19	0	12	20
7回目	324	62	18	2	15	21
8回目	359	67	17	0	14	22
9回目	380	60	20	0	14	20
10回目	404	61	21	11	13	24
平均値	383.2	62.4	19.8	2.2	13.6	21.1

表 4 実験 2 ロタラ G の実験結果まとめ

光源の色	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
1回目	5	8	0	0	5	0
2回目	5	4	0	0	3	0
3回目	6	7	1	0	5	1
4回目	9	4	0	0	2	0
5回目	8	6	0	0	4	0
平均値	6.6	5.8	0.2	0	3.8	0.2

表 5 実験 2 ロタラ R の実験結果まとめ

光源の色	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
1回目	2	1	1	0	1	1
2回目	1	2	2	0	0	2
3回目	1	1	1	0	1	3
4回目	1	1	1	0	2	0
5回目	2	1	0	0	2	1
平均値	1.4	1.2	1	0	1.2	1.4

表 6 実験 2 ロタラ Y の実験結果まとめ

光源の色	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
1回目	2	1	1	0	0	0
2回目	0	0	1	0	0	1
3回目	0	0	0	0	0	1
4回目	1	1	0	0	0	0
5回目	2	0	0	0	0	0
平均値	1	0.4	0.4	0	0	0.4

表 7 実験 3 の測定とのまとめ

光源の色	白色光	赤色光	黄色光	緑色光	青色光	紫色光
1回目	5	3	1	0	1	2
2回目	6	3	1	0	1	3
3回目	6	3	2	0	1	2
平均値	5.7	3.0	1.3	0	1.0	2.3