

〈鈴木賞 準賞〉

## 4 光の波長が植物の成長に及ぼす影響に関する研究

### 1 研究の目的

近年、山からクマが人里に下りてくる事件があったが、その原因の1つは、山の食料不足だった。そこで私たちは、解決方法はないかと考え、調べはじめた。すると2004年10月10日付けの朝日新聞で、ある野菜工場ではレタスの成長速度を速めるために赤色発光ダイオードを照射して栽培を行っている、という記事を見つけた。私たちは、「特定の色の光を植物に照射する」方法で食料不足を解決できるのではないかと考えた。

そこで、前回は「植物に当てる光の波長の違いが植物の発育に影響を与えるのか、否か」、また「与えるのならば、どのような影響を与えるのか」というテーマで研究を行った。実験では赤色・青色・白色の3色の光を別々に植物へ照射した。その結果、「光の波長の違いは植物の成長に何らかの影響を与えている」ということがわかった。しかし、具体的な影響は、いくつかの可能性を指摘したものの、はっきりとしぼることができなかった。また蛍光灯では光量が足りず、波長も単一にできなかった。

そのため今年度は、実験方法を改良し、照射する光の波長の種類を増やした上で、「光の波長の違いが植物の成長に及ぼす具体的な影響とどのようなものなのか」を研究の主題とし、具体的には「光の波長の差異が、植物の根・茎・葉の成長に与える影響はどのようなものか」という点から観察を進めていくことにした。

### 2 材料と方法

#### (1) 実験材料

〔アサガオ〕

種子を各波長の光につき脱脂綿をつめたシャーレの中に8つずつ移植し、A~Hまで記号をつけた。対照実験として、種子を移植したシャーレを暗所にも置いた。ある程度育ってから紐を張り、蔓が巻きつくようにした。茎の長さ、葉の大きさ、根・茎の太さ、色などを観察した。その他気付い

た点があれば記録した。

アサガオとは別にカランコエ・ラウヒーでも実験を行った。紙幅の都合で省略するが、アサガオと同様の結果が得られた。

#### (2) 実験装置

〔光源装置〕

単色光にするため、発光ダイオードを用いた光源装置を自分たちで製作した(図1)。赤、青、緑、白の高輝度発光ダイオードをそれぞれ横3縦13列に並べ、縦の列ごとに並列につなげた。また各列に、耐圧の低い赤色光源では300Ω、青、緑、白色光源では100Ωの保護抵抗を入れた。植物と光源装置の距離は50cmとした。光源装置の照度を照度計で計測したところ、赤色光源は140ルクス、青色光源は240ルクス、緑色光源は540ルクス、白色光源は540ルクスだった。

また、直流電源を使用し、電圧は12ボルトにした。

〔装置全体〕

光源装置および植物はインキュベーター(図2)の中に入れ、温度は25℃に設定した。湿度は55%だった。また実験中は連続して照射を続け、植物の観察は1日1回行った。その際、植物には水を30mlずつ与えた。



図1 光源装置

図2 インキュベーター

### (3) 測定の方法

葉の色は、美術で使う配色カードで測定した。dpはdeep, dkはdark, dはdullというトーン名の略記号である。

葉の大きさは1mm方眼のグラフ用紙を使って測定した。葉の輪郭をなぞり、升目を数えて1枚の面積の平均値を出した。双葉と本葉は分けた。

1個体の重さは、根から引き抜き重さを量った。葉の厚さは葉を薄く切って、マイクロメーターを用いて顕微鏡で厚さを計測し、平均を出した。

## 3 結果

特に記述が無い場合、35日目のものである。

[アサガオ]

### (1) 茎の長さ

#### ① 赤色光

葉は丸々と厚く、凸凹があり、茎は太い。

#### ② 青色光

本葉が出てきた。(18日目)葉に凹凸がある。

#### ③ 緑色光

茎が曲がっている。触っただけで茎が折れた。本葉が出てきた。(26日目)

#### ④ 白色光

本葉が出た。(26日目)

#### ⑤ 暗所

16日目ないし17日目にすべてが枯死した。葉は黄色く、緑色部分は見られなかった。また、茎は細く白い。葉も茎も非常に柔らかく、触るだけで破れたり、折れたりした。茎の成長は非常に早く、どの波長の光のアサガオよりも長く伸びた。

#### ⑦ 平均

各波長の光を照射したアサガオの茎の長さの平均は図3のようになった。

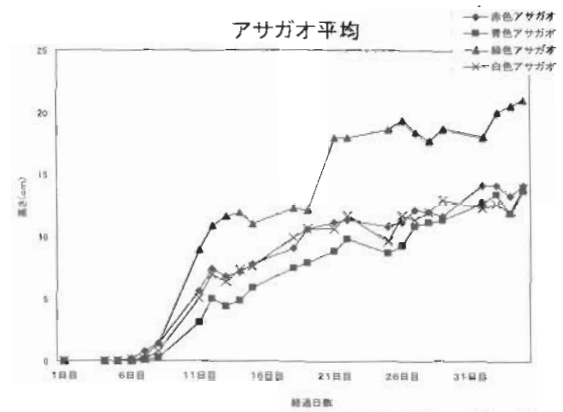


図3 アサガオの茎の長さ

### (2) 葉の大きさ

赤色光には本葉が無かった。

各波長の光の双葉の大きさの平均は図4、本葉の大きさの平均は図5のようになった。

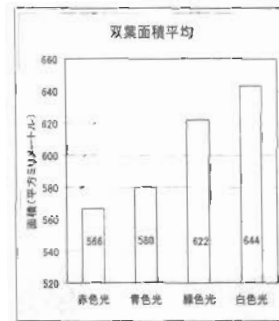


図4 双葉の大きさ

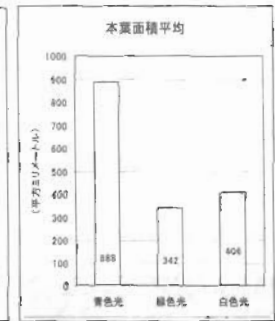


図5 本葉の大きさ

### (3) 葉の厚さ

各波長の光を照射した葉の厚さの平均は図6のようになった。

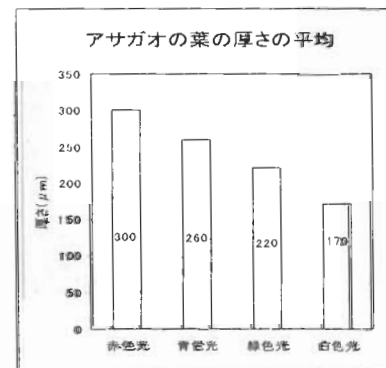


図6 葉の厚さ

### (4) 葉の色

葉の色を配色カードと比較した。

- ① 赤色光(双葉)…dp10(こいきみどり)
- ② 青色光(本葉)…dk10(オリーブグリーン)
- ③ 緑色光(本葉)…dp10(こいきみどり)
- ④ 白色光(双葉)…d10(にぶいきみどり)

(5) 1個体の重さ

各波長の光を照射したアサガオ1個体の重さの平均は図7のようになった。

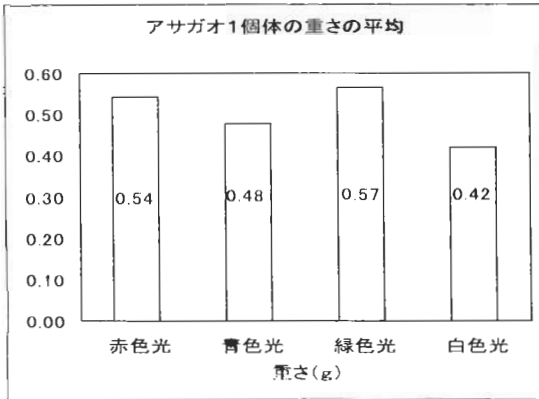


図7 重さ

(6) 根の様子

シャーレの裏側から写真を撮影した。赤色光、青色光、緑色光、白色光の根の様子はそれぞれ図8、図9、図10、図11のようになった。

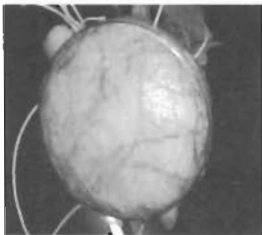


図8 赤色光

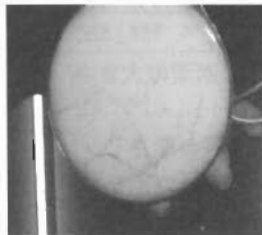


図9 青色光



図10 緑色光

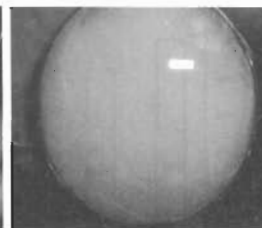


図11 白色光

青色光は根が茶色になっていた。

(7) 発芽率

各波長の光を照射したアサガオの発芽率の平均は図12のようになった。

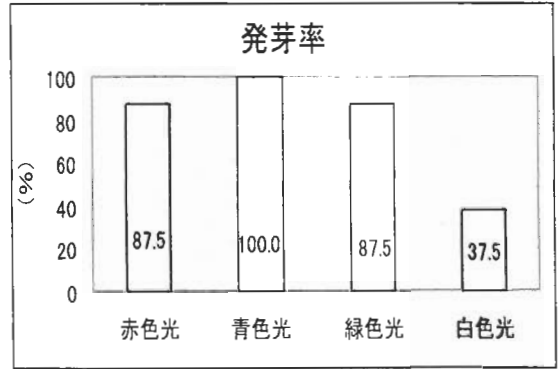


図12 アサガオの発芽率

4 考察

特に記述の無い限り、実験終了時(35日目)の結果を基に考察している。また直視分光計で調べてみたところ、太陽光も白色光もさまざまな波長の光が混ざっていた。この点で白色光は自然光と同じ状態だといえるので、白色光を基準に赤色光、青色光、緑色光の与える影響を考察していく。

[アサガオ]

(1) 茎の長さ(図3)

茎の長さは赤色光、青色光、白色光は互いにほぼ等しく、緑色光は他より約6cm長かった。これをt検定で検定すると、緑-赤間、緑-青間、緑-白間に有意差があった(5%水準)。赤、白、青色光どうしには有意差は見られなかったが形態上顕著な違いが見られた。これについては後述する。

緑色光は他の光よりも茎が伸びており、白色光の1.4倍の長さとなった。この結果から、緑色光は茎の成長をより促すといえる。しかし、茎は細く、曲がった。クロロフィルは緑色光を吸収しにくい。そのため、緑色光を当てたアサガオの茎が急激に伸びた原因は光合成をするための光が足りず、暗黒下に置いたダイズが高く成長してモヤシになるのとまったく同様の反応が起こったためと考えられる。だが、ほとんど光合成をしていなかったなら、暗所に置いたアサガオと同じく16日ないし17日ほどで枯死するはずなので、緑色光でも少なくとも35日間は成長し続ける程度には光合成をしていたことになる。

(2) 葉の大きさ(図4、図5)

双葉の大きさは、最も大きいのが白色光で、続いて緑色光、青色光、赤色光の順だった。白色光の双葉の大きさを基準とすると、赤色光は0.88倍、青色光は0.90倍、緑色光は0.97倍の葉の面積であった。青色光の双葉は、本葉が出てきたために枯れていき小さくなった。緑色光の葉が小さい原因は、緑色光がクロロフィルに吸収されにくいため、光合成によって十分な養分が作られず、葉を大きくすることができなかったからだと考えられる。赤色光は他の波長の光を照射したアサガオよりも葉が厚く、小さかった。一般に陽葉は陰葉と比べて葉が厚く小さくなることが知られている。陽葉と赤色光を照射したアサガオでは葉の形に共通点がある。このことから、他の波長の光よりも照度が低かったにも関わらず、赤色光は光合成を促進したと考えられる。

本葉の大きさは、最も大きいのが青色光で、続いて白色光、緑色光だった。赤色光にはごく小さな本葉しか無かった。また、青色光の本葉は、白色光の本葉よりも6日早く出た。緑色光の本葉は、白色光と同じ日に出た。白色光の本葉の大きさを基準とすると、青色光は2.2倍、緑色光は0.84倍となった。青色光と白色光の本葉の大きさに大きな差があった原因については、次の2つが考えられる。第一に青色光が本葉の成長を促すこと。第二に青色光によって本葉の出現が白色光よりも早くなって、葉が大きく成長するだけの時間があったことである。緑色光は、本葉が出てきた日は26日目で白色光と一緒にであるにも関わらず、白色光よりも本葉の面積が小さかった。これは、クロロフィルが緑色光を吸収しにくくて、十分に光合成できなかつたからであると考えられる。

### (3) 葉の厚さ(図6)

葉の厚さは最も厚いのが赤色光で、続いて青色光、緑色光、白色光だった。白色光の葉の厚さを基準にすると、赤色光は1.8倍、青色光は1.5倍、緑色光は1.3倍となった。

葉が厚くなるということは、盛んに光合成していることになる。したがって、赤色光、青色光、緑色光の順に光合成が活発に行われていると考えられる。白色光の葉が薄かったのは、35日目の実験終了時点で、本葉が生え始め、双葉が枯れ落ち、薄い本葉だけが残ったことが原因である。

### (4) 葉の色

観察した葉が赤色光、白色光は双葉で、青色光、緑色光は本葉だったので、赤色光と白色光、青色光と緑色光を比較する。

赤色光と白色光の双葉の色を比べると、前者はdp10(こいきみどり)、後者はd10(にぶいきみどり)の色に近かった。色の濃さはd10よりもdp10の方が濃い。これは、赤色光は光合成を促進してクロロフィルの量が多くなったためと考えられる。

また、緑色光と青色光の本葉の色を比べると、前者はdp10、後者はdk10(オリブグリーン)の色に近かった。色の濃さはdp10よりもdk10の方が濃い。これは、緑色光がクロロフィルに吸収されにくく、光合成量が少ないため、発芽したときにはあった葉に含まれるクロロフィルの量が次第に減っていたためと考えられる。

### (5) 根の様子(図8～図11)

シャーレの裏に出ている根の本数は多い順に、青色光、緑色光、白色光、赤色光だった。シャーレの面積に対して、根の占める割合は赤色光が約5%、青色光が約50%、緑色光が約30%、白色光が約5%だった。赤色光の根は白色光の根よりも細い。青色光の根は、茶色になっている。緑色光の根は白く、しっかり張っている。また、根の太さは最も太いのが緑色光で、続いて青色光、赤色光と白色光はほぼ同じ太さだった。当てる光の波長の違いは、根の成長にも影響を及ぼしている。白色光は、赤色光よりも、根の成長を促進させる。青色光は、白色光よりも、根の成長を促進させ、色素の生成を促進させる。緑色光は、白色光よりも、根の肥大成長を促進させる。

### (6) 成長過程の進度

実験期間終了時には、赤色光と緑色光は本葉が出始めた。青色光は本葉、蔓が出て、張られた紐に巻きついた。白色光は、本葉が出た後、蔓が出始めた。つまり、双葉や、本葉、蔓が出るという成長過程の進度は青色光が最も早く、続いて白色光、緑色光、赤色光の順だった。白色光より青色光は早い成長過程をたどっているため、青色光は成長過程の進度を早めると考えられる。そして赤色光、緑色光は、本葉の出る時期が遅いという発育が起こった。これは前年の結果と同じである。

## (7) 発芽率(図12)

青色光、赤色光、緑色光は種子が8個と少量だったので、青色光の発芽率の8個中8個と赤色光、緑色光の発芽率の8個中7個という3つの発芽率の差は偶然と考えられ、発芽に与える影響に差があるとはいえない。しかし、他に比べて白色光の発芽率は8個中3個と顕著に低かった。つまり、赤色光、青色光、緑色光は、白色光に比べ、発芽を促進しているといえる。ただし可能性は低いものの、発芽能力の無い種子が多かったという偶然を否定できないため、今後追試を行ってみたい。

## (8) アサガオの1個体の重さ(図7)

結果は、赤色光が最も重く、続いて青色光、緑色光、白色光となった。白色光の1個体の重さを基準とすると、赤色光は1.3倍、青色光は1.1倍、緑色光は1.4倍となった。

赤色光、青色光、緑色光は、白色光よりも成長しているということになる。(1)~(7)の結果を踏まえると、白色光よりも、赤色光は葉の厚さ、青色光は葉の大きさと根の長さ、本数、緑色光は茎の長さ、根の太さを成長させていたことがわかる。

## 5 今後の課題

アサガオの実験では波長の違いによる差が大きく出たので、アサガオが材料としてたいへん優れていることがわかった。しかし、花が咲くまで育てると装置の50cmの高さでは足りず、高くしすぎると照度が低下するので、今後検討したい。

また、今回は実験で使用した光源装置の照度が色ごとに違った。成長の差が波長の違いによるものか照度の違いによるものかをはっきりさせるために、抵抗を組み込んだり、電圧を変えたりして、均一になるよう調整したい。

今回は植物の成長の観察が中心になったが、光を照射することにより、花の大きさや植物の匂い、果実とその味、栄養価、種子の大きさや発芽率に影響が出ないかということも実験してみたい。

赤色・青色・緑色・白色の発光ダイオードを成長過程で組み合わせての照射、橙・黄色などの光の三原色を混ぜ合わせてつくられた光の照射は植物の成長に及ぼす影響も異なると考えられる。

また、今回の実験で観測したのは湿重量だったので、アサガオの水分の重さも結果に入れてし

まった。だから、アサガオの1個体の正確な重量が計測されなかったと考えられる。成長の違いは乾重量を計測したほうがはっきり出るが、乾燥によって植物を殺してしまうので、今後考慮したい。

葉・茎・根の観察によって、各波長の光で色素の量に差があることがわかった。今後はクロロフィルを中心に色素の量を測定したい。

## 6 研究を行う上で非常にお世話になった方々

静岡大学工学部 藤安 洋 教授

生駒 修治 助教授

実験上の注意点や、発光ダイオードを用いた他の実験の例について教えていただきました。

やまと興業 氏原 史郎 常務取締役

藤安 健太郎 主任

装置の製作方法について教えていただきました。また発光ダイオードも提供していただきました。

## 7 参考文献

- ① 小木 彩矢佳、長塚 愛、吉田 奈津妃  
「光の波長が植物の成長に及ぼす影響に関する研究」(『静岡県浜松北高等学校研究紀要』2004年)
- ② 小木 彩矢佳、長塚 愛「光の波長が植物の成長に及ぼす影響に関する研究Ⅱ」(『静岡県浜松北高等学校研究紀要』2005年)