

光がマイハギに与える影響

奥野 冴 住谷 玲香 中野 紗希 久本 雪菜

Okuno Sae Sumitani Reika Nakano Saki Hisamoto Yukina

1. 要旨

私たちは、光がマイハギに与える影響について調べるため、光の色を変える実験と照度を変える実験を行った。結果、光の色を変える実験では実験に用いた白色光、青色光、緑色光、赤色光の全ての色で葉は動いた。白色光、青色光では地面に対して水平以上となる上下運動を行い、緑色光、赤色光では地面に対して水平未満となる上下運動を行うことが分かった。また、照度を変える実験では照度が高くなるほど葉の運動の回数は増え、3000Lux 程度まで照度が高くなると葉は動かなくなることが分かった。

2. 研究目的

動く植物であるマイハギについて興味をもち、その葉が動く原因となる刺激については未だ解明されていないので自分たちで調べたいと考え、研究を行った。また、先行研究より、マイハギの葉（側小葉）の不規則橢円軌道運動の原因は、葉枕中の維管束を取り巻く柔組織と表皮組織の容積変化によるものであり、また、その容積変化の原因は、ATP をエネルギー源とした起電性ポンプによる細胞を介した水の移動であると考えられている。そこで、光を多く受けると光合成が盛んに行われ、ATP を多く合成できるので、葉の運動が活発になるのではないかと考え、光がマイハギに与える影響に注目して調べることにした。

今回用いたマイハギの学名は、*Codariocalyx motorius* であり、インド～フィリピン原産の、熱帯アジアに分布するマメ科スビトハギ属（コダリオカリクス属）の常緑小木である。葉は3出複葉で、葉の基部に2枚の托葉がある。この托葉が、気温25度以上になったり、音楽を聞かせたりすると葉が踊るように動く珍しい性質があるとされている。秋頃から黄色～橙色の蝶形の花を咲かせる。今回実験に使用したマイハギは沖縄県石垣島の花屋シャンティガーデンで購入し、室内の温室で栽培した。

3. 予備実験 葉の動きを確認する

<準備物>

マイハギ、ビデオカメラ、温度計、編集ソフト(Adobe Premiere Pro 2020)、温室

<実験方法>

- (1) マイハギを28℃の温室内に入れる
- (2) 8:30～12:30の間、マイハギの様子を撮影する
- (3) 撮影した映像をAdobe Premiere Pro 2020で450倍速に編集する。
- (4) 葉の様子を観察する。(図1参照)

<分かったこと>

葉の大きさに伴い、葉の運動はゆっくり大きくなり、葉の付け根と茎の付け根が動くことが分かった。また、葉の運動の種類は上下運動・左右運動・回転運動の3種類あることが分かった。光が強くなるほど葉の運動は盛んになり、ある程度の強光下では運動が止まることが分かった。

4. 実験① 光の強さと葉の動きの関連性について調べる。

<準備物>

マイハギ、ビデオカメラ、半透明の白いシート(仕切り)、照度計、温度計、編集ソフト(Adobe Premiere Pro 2020)

<実験方法>

- (1) 同じサイズのマイハギを2つ選ぶ。
- (2) 温度を28度で一定にした温室内を窓側と内側の光の強さの差を大きくするために、半透明の白いシートで2個体の間を仕切る。
- (3) 8時30分から12時30分まで撮影する。
- (4) 撮影後、映像をAdobe Premiere Pro 2020で450倍速に編集し、最も動いている3枚の葉を抽出して、葉の上下運動の回数を数える。

(5) 窓側と内側の回数を比較する。(図2 参照)

<仮説>

先行研究より、葉の動きは ATP によるエネルギー量の多さに比例していると予想し、光を多く受ける窓側の個体の方が、上下運動の回数は多くなり、照度が高くなるにつれてその回数も多くなると考えた。

<結果>

全体的に内側の暗い方がよく動いた。また、窓側の明るい方では朝方から昼頃にかけて上下運動が活発になるが、昼頃に光が 3000Lux 程度まで強くなると、葉が上を向いて動かなくなったため、上下運動の回数は少なくなった。しかし、12月2日、12月7日、12月9日では窓側の明るい方がよく動いた。

そこで、12月2日、12月7日、12月9日のみ窓側(明るい方)の方がよく動いた原因を調べるために、内側(暗い方)の方がよく動いた日と窓側(明るい方)の方がよく動いた日を抽出し、5分ごとの照度の変化を調べた。しかし、照度の変化との関連性は見られなかった。(図3・4 参照)

<考察>

全体的に暗いほうがよく動いたことから、上下運動は ATP によるエネルギー量の多さに比例しているのではないと考える。また、暗い方がよく動き、明るくなると回数が少なくなることから、マイハギは光を求めて動いているのではないかと考えた。明るい方がよく動いた日については原因がよく分からなかった。

実験② 光の波長によって葉の動き方や上下運動の回数が異なるのかを調べる。

<準備物>

マイハギ、ビデオカメラ、LED ライト、温室、暗幕、照度計、編集ソフト(Adobe Premiere Pro 2020)

<実験方法>

- (1) 温室を暗幕で覆い、暗室をつくる。
- (2) 暗室内に LED 電球を5つ取り付ける。
- (3) 暗室内の光の色を、白色光 (2260Lux)、青色光 (260Lux)、緑色光 (180Lux)、赤色光 (100Lux) に統一した時の葉の動きの様子をビデオカメラで撮影する (8:30~11:30)。
- (4) 撮影したビデオを Adobe Premiere Pro 2020 で編集する。
- (5) 葉の動きを観察し、観測できる全ての葉の上下運動の回数を数える。(図5 参照)
 - * 実験は暗室内を 28℃で一定にして行った。また、実験個体は白色光、青色光、緑色光、赤色光それぞれ7個体で行った。
 - * 白色光は、青色光・緑色光・赤色光を含む光である。

<仮説①~光合成との関係から~>

- ・白色光は自然光の波長に近いので、白色光では葉は自然光と同じように動く。
- ・葉は緑色光の多くを反射し、光合成などにあまり利用しないため、緑色光では葉は動かない。
- ・青色光と赤色光は光合成で主に利用する光なので、青色光や赤色光では自然光と同じほどではないが葉の動きにも関与する。

<仮説②~先輩方のオジギソウの研究から~>

- ・オジギソウの葉が開閉運動を行う光の色であるため、白色光と青色光では葉は自然光と同じように動く。
 - ・オジギソウの葉が開閉運動を行わない光の色でないため、緑色光と赤色光では葉は動かない。
- ※オジギソウは、マイハギと同様に葉が動く植物である。昼間は光を受けて葉が開き、夜間は葉を閉じる。この葉の開閉に必要な光の波長は青であると分かっている。

<結果>

どの光の色でも葉は動いた。白色光と青色光では地面に対して水平以上の状態で上下運動が行われたが、緑色光と赤色光では葉が地面に向かって下がった状態で上下運動が行われたように、光の波長によって葉の動き方に違いがあった。上下運動の回数は白色光で最も多く、青色光、緑色光、赤色光と、照度が低くなるほどに少なくなっていた。(図6 参照)

同じ光の色でも、実験日によって回数が異なっていた。(個体差や実験前日の天気などの影響と考えられる。)

実験② 実験前のマイハギの光条件を統一して実験②を行う。

<準備物>

マイハギ, ビデオカメラ, LED ライト, 温室, 暗幕, 照度計, 編集ソフト(Adobe Premiere Pro 2020)

<実験方法>

- (1) マイハギの光条件を統一する。
(実験に用いる個体を暗室内に入れて, 8:00~19:00 の間は電球の白色光を当てて, 19:00~8:00 の間は電球の光を消し, 光を当てないようにすることで明暗周期を人工的に固定する。)
- (2) 実験②と同様に撮影を行う。
- (3) 撮影したビデオを Adobe Premiere Pro 2020 で編集する。
- (4) 実験②と同様に, 観測できる全ての葉の上下運動の回数を数える (データ④)。
- (5) 葉が地面に対して水平以上の状態での上下運動のみの回数を数える (データ⑥)。
* 実験は暗室内を 28℃で一定にして行った。また, 実験個体は, 白色光, 青色光, 緑色光, 赤色光それぞれ 8 個体で行った。

<仮説>

- ・上下運動の回数は実験②の結果よりも少なくなる。
理由 実験前に当たっていた光も葉の動きに関与していると考えたから。

<結果>

どの光の色でも葉の上下運動が見られた。白色光と青色光では葉が地面に対して水平以上の状態で上下運動が行われたが, 緑色光と赤色光では葉が地面に向かって下がった状態で上下運動が行われた。上下運動の回数は白色光で最も多く, 青色光, 緑色光, 赤色光ではあまり差がなかった。単色光での上下運動の回数は実験②よりも少なくなった。(図 7・8 参照)

<考察>

白色光と青色光では葉が地面に対して水平以上の状態で上下運動を行われ, 緑色光と赤色光では葉が地面に向かって下がった状態で上下運動が行われたことから, 葉の起き上がる動きは青色光によって引き起こされていると考えられる。また, 2019 年の先輩方のオジギソウの研究では, 青色の LED ライトを当てたときにオジギソウが開葉したことから, マイハギの葉が地面に対して水平以上になる機構とオジギソウの葉の開葉の機構は同じではないのかと予想した。

上下運動の回数は当てた光の照度の高い順に多かったことから, 葉の上下運動の回数には光の強さに関係していると考えられる。また, 実験直前まで光が当たっていた実験②と実験直前まで暗い所に置いていた実験②のデータ A の結果を比較すると, ②のほうの実験に用いた個体数が多いにもかかわらず, 全ての葉の上下運動の回数が少なくなっている。このことより, 実験②の単色光で行われた上下運動は実験前に受けた光も影響していたと考えられる。(図 6・7・8 参照)

実験③ 光の強さを変えて実験を行う。

実験①と目的は同じであるが, 実験①では実験前のマイハギの明暗周期が固定されていない上, 照度の大きさも固定されていなかったため, これらを統一して実験を行った。

<準備物>

マイハギ, ビデオカメラ, LED ライト, 温室, 暗幕, 照度計, 編集ソフト (Adobe Premiere Pro 2020)

<仮説>

実験 2 で照度の高い順に上下運動の回数が多かったことから, 光の照度が高くなるほど, 葉の上下運動の回数は多くなる。

<実験方法>

- (1) 温度が 28℃温室を暗幕で覆い, 暗室を作る。
- (2) 実験②と同様に明暗周期を固定する。(明期: 8:30~19:00, 暗期: 19:00~8:30)
- (3) 明暗周期を固定した後, 暗室内の白色電球を用いて, 暗室内の照度を緑色光と赤色光の中間の照度である 150Lux, 660Lux, 1200Lux にそれぞれ統一する。
- (4) 8:30~11:30 の 3 時間撮影する。
- (5) 撮影した映像を Adobe Premiere Pro 2020 で 450 倍速に編集する。

(6) 全ての葉の上下運動の回数を数え、合計する。

<結果>

150Lux では273回、660Lux では287回、1200Lux では407回上下運動を行った。上下運動の回数は、照度の大きさが大きくなるほど多くなった。(図9参照)

<考察>

葉の上下運動の回数には、光の照度が関係していると考えられる。また、実験1より、照度が3000Lux程度になると葉が上を向いて動かなくなることから、葉が上下運動を行う照度には最大値があり、その最大値までは照度が大きくなるほど葉の上下運動の回数は多くなると考えられる。

5. 結論と課題

予備実験より、葉の運動には上下運動、左右運動、回転運動の3種類があることが分かった。また、実験1より照度が3000Lux程度まで高くなった時、葉は上を向いた状態で動かなくなった。実験2より、マイハギの葉は白色光、青色光、緑色光、赤色光の全ての光の色で運動を行った。白色光、青色光では葉は地面に対して水平以上となる上下運動を行い、緑色光、赤色光では葉は地面に向かって葉を下げた状態で上下運動を行った。このことからマイハギの葉が地面に対して水平以上まで起き上がる運動には青色光が必要であると考えられる。また、2019年の先輩方のオジギソウの研究では、青色のLEDライトを当てたときにオジギソウが開葉したことから、マイハギの葉が地面に対して水平以上に起き上がる機構とオジギソウの葉の開葉の機構は同じではないかと予想できる。加えて、実験前に自然光を当てていた個体と実験前に自然光を当てなかった個体では実験結果に差が見られたため、葉の運動には実験前に受けた自然光が関係していると考えられる。実験3より、照度が高くなるほど葉の上下運動の回数は増えることが分かった。しかし実験1では自然光で照度が3000Luxを超えたとき葉は動かなくなったため、葉が上下運動を行う照度には最大値があると考えられる。

(図10参照)

今後の課題は、予想したグラフ通りの結果になるかについて調べることである。また、葉が上下運動を行う照度の最小値と最大値を知るために、データを取る照度の範囲を0Lux~150Lux、1200Lux~3000Luxに変えて取るデータの数を増やしていきたいと考えている。

6. 参考文献

「マイハギ側小葉葉枕の運動細胞の容積変化」：三野たまき（共立女子大学）

https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_10761447_po_ART0005052982.pdf?contentNo=1&alternativeNo=

「マイハギ側小葉葉枕の運動細胞の膜電位の変化」：三野たまき（共立女子大学）

https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_10762027_po_ART0005054211.pdf?contentNo=1&alternativeNo=

「音刺激に対するマイハギの小葉運動計測システムの開発」；三輪敬之 山下智輝（早稲田大学理工学部）

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jshita1991/13/2/13_2_123/_pdf

「オジギソウの就眠運動」今西いろは 杉山千恵 辰井謙斗 永井愛夏(2019年 高松第一高等学校 ASII)

7. 謝辞

これまで熱心に助言して下さった鶴木先生、育て方を教えて下さったシャンティガーデン様、研究に携わって下さった先生方にこの場をお借りしてお礼申し上げます。



図1



内側

窓側

図2

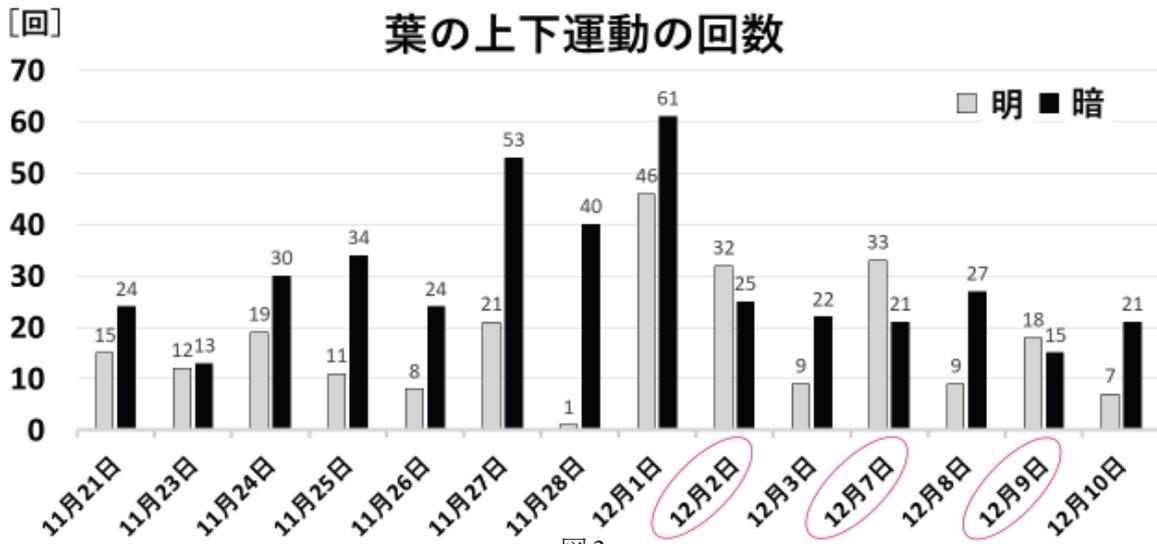


図3

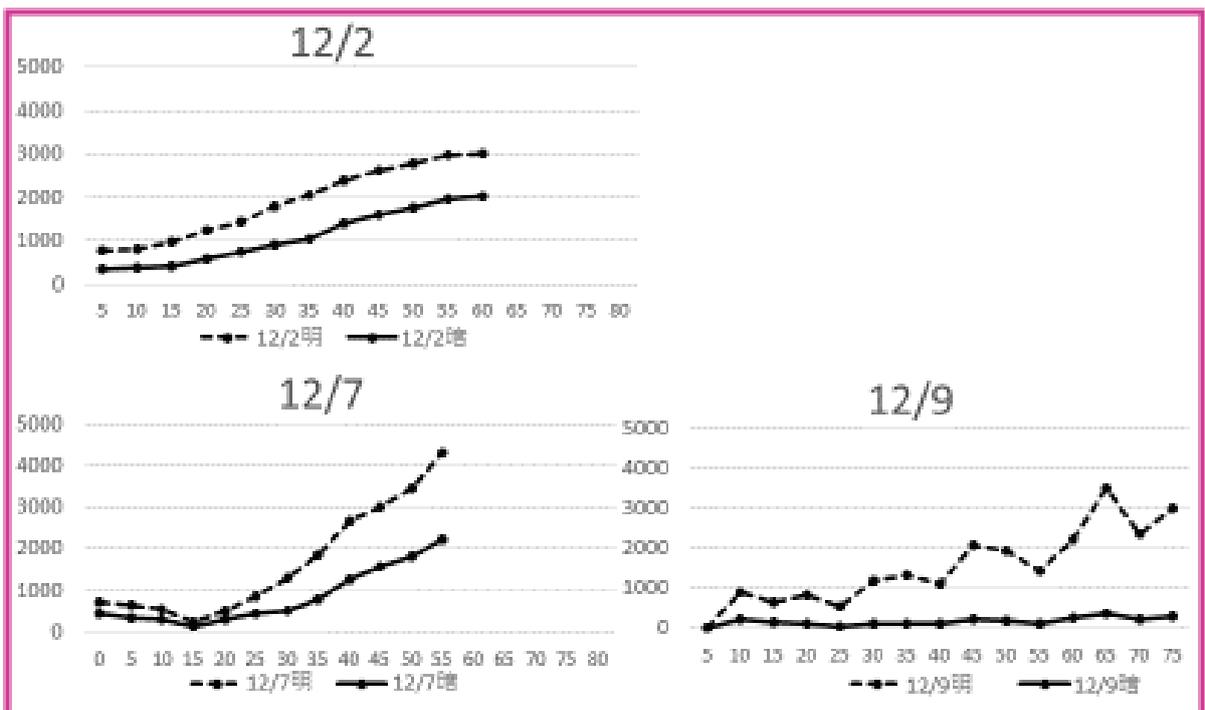


図4



図5

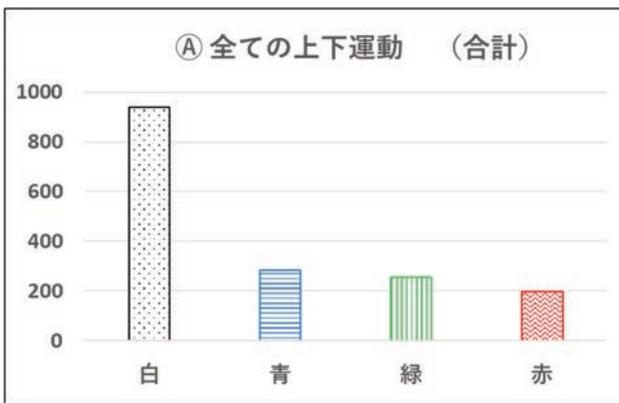


図6

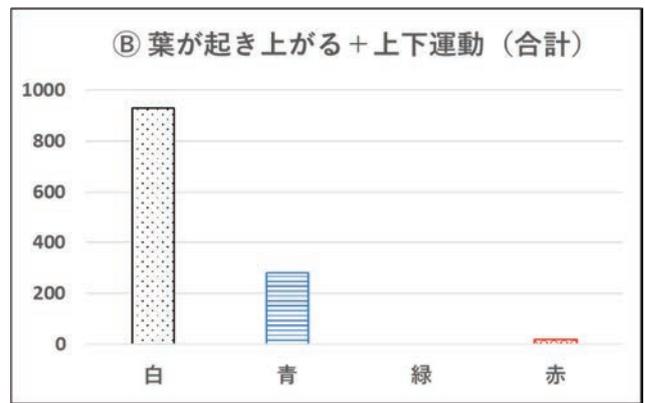


図7

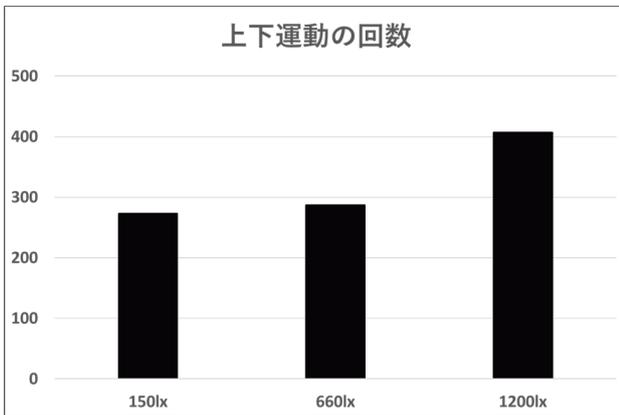


図8

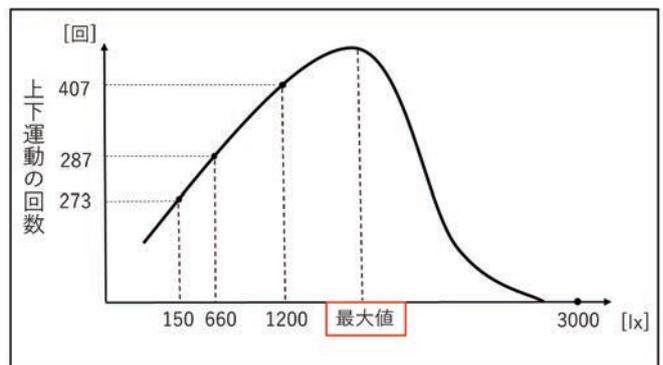


図9