

植物の成長と光量子束密度および温度の関係

班員 櫻井 風歌 高山 莉空 谷口 想楽 福田 拓海
担当教諭 高畠 侑馬

キーワード：光合成 光量子束密度 二酸化炭素濃度

Light and temperature conditions under which plants grow were investigated using kaiware radish (*Raphanus sativus*) and pothos (*Epipremnum aureum*). Kaiware radish (*Raphanus sativus*) grew well with stems under low light. Pothos photosynthesized better at higher temperatures between 20°C and 35°C.

1 はじめに

光の当てる強さを変化させてカイワレダイコンを栽培したところ、光が最も弱い個体で発芽率が高くなった。また、目視でも長さや色に違いが見られた。この結果は光が当たるほど成長するという予想に反していたため、植物が成長するための条件をより詳しく調べようと考えた。

2 材料と方法

I カイワレダイコンの成長と光量子束密度の関係

<予備実験>

市販のカイワレダイコン5本を15秒間500Wで加熱することを繰り返した。加熱1回ごとに精密はかりで重さを量った。加熱前の重さを100%とすると、図1のように重さが減少した。16回目以降はほとんど重量変化がなかったため240秒加熱すれば水分が完全に抜けると判断できる。乾燥重量の測定では500Wで240秒間加熱することにした。

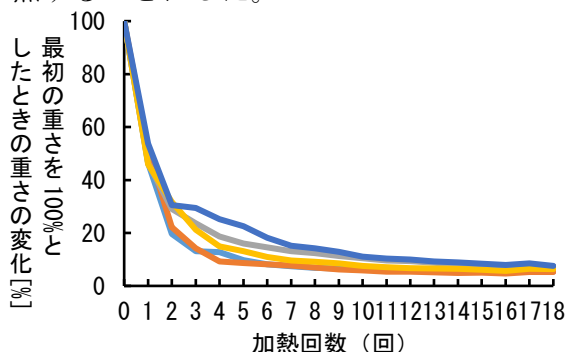


図1 予備実験での重量変化

<I-1>

光量子束密度の大きさを変化させたときにカイワレダイコンの成長はどのように変化するかを調べた。実験では、紙・アルミホイルを被せることで光量子束密度を表1のように変化した。光源には、植物育成LEDスタンド（和光電器株式会社）を使用した。5日間栽培した後、茎の長さ、生重量、乾燥重量を計測した。重量の計測には、OHAUS社製分析はかりを用いた。乾燥重量は電子レンジで240秒加熱した後で量った。

表1 カイワレダイコンにした操作と光量子束密度の大きさ

	光量子束密度 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
1. 何もかぶせなかった	240
2. 紙1枚かぶせた	110
3. 紙2枚かぶせた	45
4. 紙3枚かぶせた	25
5. アルミホイルをかぶせた	1



図2 実験I-1での栽培の様子

<I-2>

実験I-1では、発芽前から条件を変えていたため発芽に適した条件を調べていた可能性が

ある。また、カイワレダイコンを入れたトレーに紙やアルミホイルを被せていたため、光条件以外に、湿度などが変化していた可能性がある。そこで、実験方法を次のように変えてⅠ-2を行った。

20℃の暗所で7日間栽培した後、1グループは20℃の明所へ移動し、もう1つのグループは同じ暗所で育て続けた。移動後5日目に茎の長さ、葉の長さ、生重量、乾燥重量を計測し、移動前との長さの伸び、重さの増加量を比較した。光源には人工気象器（日本医化器械製作所）を用いた。



図3 実験Ⅰ-2での栽培の様子

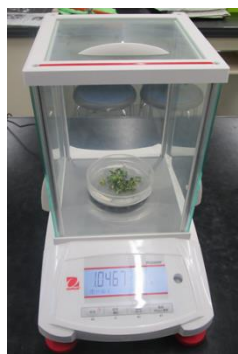


図5 重さの計測の様子

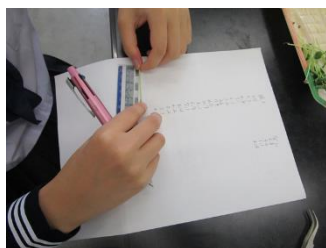


図4 長さの計測の様子



図6 乾燥後のカイワレダイコン

Ⅱ ポトスの光合成と温度の関係

高温多湿な環境を好む⁽¹⁾ポトスを用いた。ポトス4個体をそれぞれ密閉された容器の中に入れた状態で人工気象器の中に入れ、20℃、25℃、30℃、35℃のそれぞれの温度下で二酸化炭素濃度の推移を記録しながら2日間栽培した。二酸化炭素濃度の記録にはワイヤレスCO₂センサ（島津理化）を用いた。このとき、自然環境における日照時間に近づけるために、午前6時

から午後6時のみポトスに光を当てた。

3 結果

＜Ⅰ-1＞

茎の平均の長さは1では4.86cm、2では5.66cm、3では5.89cm、4では6.24cm、5では8.58cmとなった。1～5のすべての間で有意差が見られ、光量子束密度が小さくなるほど長くなった（多重比較 $p<0.05$ 、図7）。茎の1cm当たりの乾燥重量は、1では1.2mg、2では1.1mg、3では1.0mg、4では1.0mg、5では0.80mgとなった。葉の1枚あたりの乾燥重量は1では5.4mg、2では5.0mg、3では5.0mg、4では4.7mg、5では4.3mgとなった。葉・茎の乾燥重量に有意差は見られなかったが、光量子束密度が小さくなるほど減少する傾向が見られた（多重比較 $p<0.05$ 、図8、図9）。

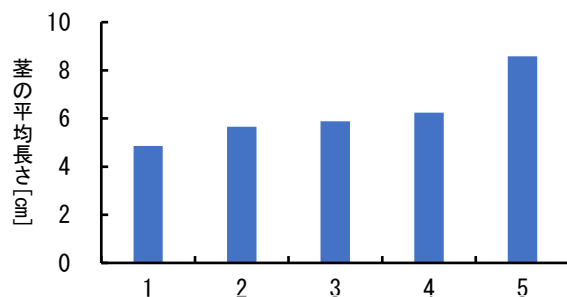


図7 茎の平均長さ

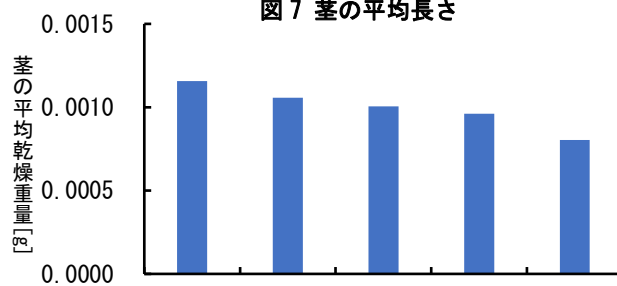


図8 茎の1cmあたりの乾燥重量の平均

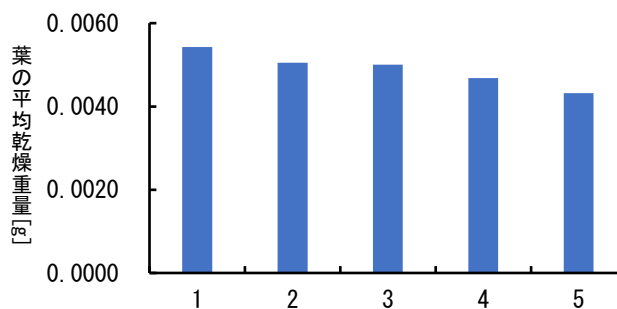


図9 葉の1枚あたりの乾燥重量の平均

＜Ⅰ-2＞

茎の平均長さの伸び、乾燥重量の平均増加量

の算出方法は以下の通りである。

茎の平均長さの伸び

$$= (\text{移動後5日目の茎の長さの平均}) \\ - (\text{播種後5日目の茎の長さの平均})$$

乾燥重量の平均増加量

$$= (\text{移動後5日目の乾燥重量の平均}) \\ - (\text{播種後5日目の乾燥重量の平均})$$

茎の平均長さの伸びは、暗所から明所へ移動したグループで0.38cm、暗所で育て続けたグループで8.8cmとなった(図10)。乾燥重量は暗所から明所へ移動したグループで平均0.11mg増加し、暗所で育て続けたグループで平均0.19mg減少した(図11)。

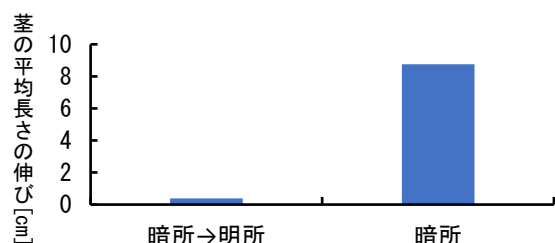


図10 茎の平均長さの伸び

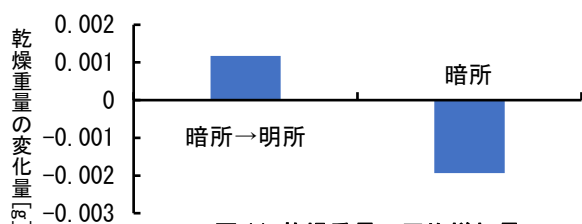


図11 乾燥重量の平均増加量

また、葉の平均の縦の長さは暗所から明所へ移動したグループで1.00cm、暗所で育て続けたグループで0.71cm長くなった(図12)。葉の平均の横の長さのは暗所から明所へ移動したグループで1.4cm、暗所で育て続けたグループで1.0cm長くなった(図13)。

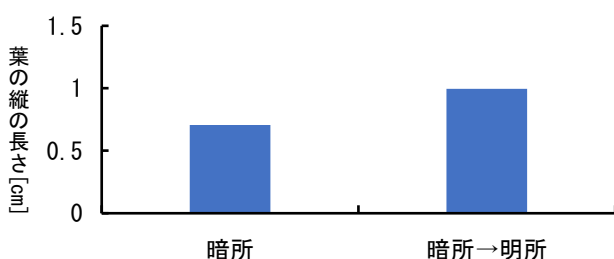


図12 葉の縦の長さの平均

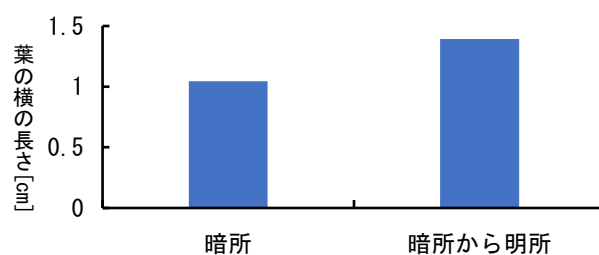


図13 葉の横の長さの平均

暗所から明所へ移動すると茎の平均長さの伸びは小さくなり、乾燥重量は増加した。暗所で栽培し続けると茎の平均長さの伸びは大きくなり、乾燥重量は減少した。

葉の長さは暗所から明所へ移動した場合は、暗所で育て続けた場合に比べて長くなる傾向があった。

<II>

1日目から2日目での経時的な二酸化炭素濃度の推移は次のようになった(図14)。ポトスに光を当てていなかった午後6時から午前6時まででは1日目も2日目も関係なく二酸化炭素濃度が上昇した。一方、ポトスに光を当てていた午前6時から午後6時まででは1日目も2日目も二酸化炭素濃度が上昇した。なお、これらの傾向は20℃から35℃における個体aから個体dまでのすべての個体で見られた。

半日ごとの二酸化炭素濃度の最大値と最小値の差は次のようになった(図15)。20℃から35℃の温度下において温度が高くなるほど二酸化炭素濃度の最大値と最小値の差も大きくなった。これらの関係は20℃から35℃における個体b、個体cの2個体で見られた。

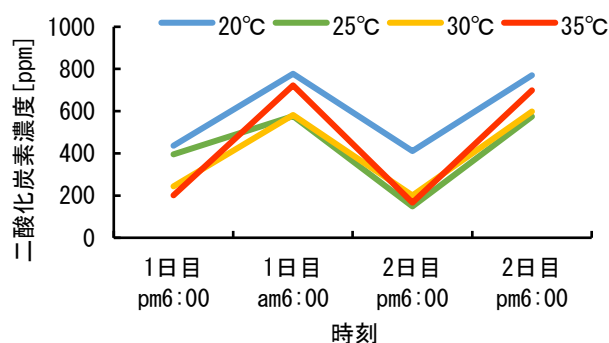


図14 二酸化炭素濃度の推移

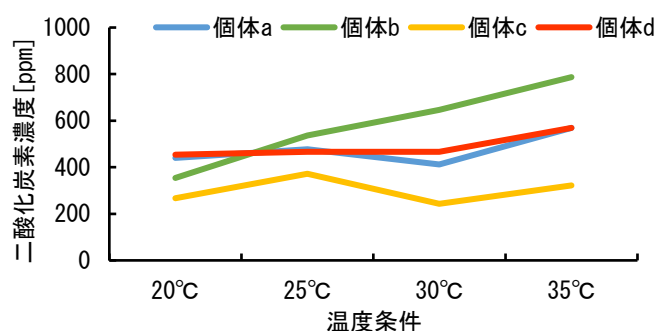


図 15 二酸化炭素濃度の最大値と最小値の差

4 考察

< I >

① 光が当たらない場合 (図16)

新たな養分はほとんど作られず、種にもともとあった養分をもとにして成長している。その養分の多くは茎に与えられ茎が長く成長する。茎が長く成長するのは、茎を長く伸ばすことで光獲得競争に勝とうとしているためだと考えた。

② 光が当たる場合 (図17)

光合成により新たな養分が作られ、その養分の多くは葉に与えられ茎にはあまり与えられないため、葉の長さが長くなり茎がほとんど伸びない。葉の長さが長くなるのは、葉を大きくすることで光をより多く取り入れ、光合成を盛んに行おうとしているからだと考えた。

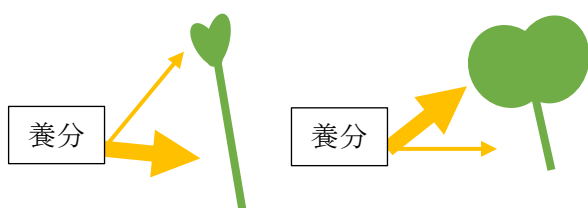


図 16 光が当たらない場合

図 17 光が当たる場合

< II >

光が当たっていたときに二酸化炭素濃度が低くなり、光が当たっていなかったときに二酸化炭素濃度が高くなった。また、20°Cから35°Cの温度条件全体でこの関係が見られたことから、光が当たっているときに呼吸速度を上回る速度で光合成が行われたと考えた。

半日ごとにおける二酸化炭素濃度の最大値と最小値の差が、温度の上昇に伴って大きくなった。呼吸速度と光合成速度は温度変化に大きく関係があるが、温度が高くなるにつれて光合成速度が大きくなる反面、光合成を行う生体の構造が不安定になるため、植物が高温になると結果的に光合成の効率が下がり始めるということがわかっている(3)(4)。ポトスは高温多湿な環境を好む植物であるため、20°Cから35°Cの間では生体の構造が不安定になりにくいと考えた。そのため、20°Cから35°Cの間では温度が上昇しても光合成の効率が下がることなく光合成速度も大きくなると考えた。

5 結論

カイワレダイコンは光の有無により成長させる部位を変える。ポトスは20~35°Cの間では温度が高くなるほど光合成の効率がより高くなる。

6 参考文献

- (1) 本田 正次, 林 弥栄, 古里 和夫. 原色園芸植物大図鑑. 福田元二郎発行, 1984, 862p.
- (2) 泉 秀実, 辰巳 保夫, 邨田 卓夫. カイワレ大根の品質及び成分に及ぼす製造中の光照射の影響. 日本食品工業学芸誌. 1984, 31巻, 11号, 704-709p
- (3) “東北大学理学部 生物学科”. 温度と光合成. http://www.biology.tohoku.ac.jp/lab-www/hikosaka_lab/hikosaka/temp-short.html, (参照 2024-12-11)
- (4) “日本植物生理学会”. 気温と光合成の活発度の関係について | みんなのひろば. http://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=5013, (参照 2024-12-11)