

# 生体情報計測技術に関する研究 (第二報)

- 植物の定常状態における光の波長帯別反応について -

石川 友彦\* 大木 賢次\* 鹿島 恭子\*

## 1. はじめに

本県は千葉県の激しい追い上げにあい、1994年に農業粗生産額で全国第2位から第3位に転落したが、農業粗生産額4907億円(1994年)を誇る農業県である。本県の農業粗生産の中で園芸部門が占める割合は、85年の32%から94年には44%に増加しており、その重要性は年々増加しているが、園芸生産額そのものは、新規就農者の減少も手伝って、91年をピークに減少傾向にあるのが現状である。本県としても、生産額アップに向けて・生産振興・流通対策・組織強化の各分野における事業を進め、その中でも、生産振興においては、周年的な安定供給が可能となる温室などの施設の整備を始め、低温でも育つ低温肥大性メロンや、高糖度トマトなどの開発を進めている。

しかし、園芸部門における種々の植物に対し、生育中および生育後の評価方法としては、従来からの接触式および植物から試験片を切り取る破壊式の評価法が大半を占め、植物をそのままの状態で評価を行う非接触式・非破壊式の評価方法があまり実用化されていないのが現状である。

本研究のテーマの一つとして、植物の生育を非接触にて、また非破壊にて評価できるシステムの開発を目指している。非接触・非破壊方式にて植物を評価することにより、従来の段階的な評価のみならず、生育過程の長期に渡る連続的な評価が可能となり、育苗期から収穫期までの系統だった評価を行うことが可能となる。本年度においては、生育初期から生育後期にかけて、非接触・非破壊にて評価を行う可能性を持つ「光学的生体情報測定システム」を用いた測定を試みた。本報告においては、植物から光学的な信号について測定実験を行ったので報告する。

## 2. 環境要因と植物(野菜)の生育について

植物の生育において重要な環境要因としては、地上部における環境として「光」「温度」「湿度」「炭酸ガス」などがあり、地下部における環境として「地温」「土壌水分」「養分」「土壌空気」などがある。

### 2.1 環境要因における「光」の重要性について

植物は、太陽エネルギーの存在下で気孔を通して取り込んだ大気中の「炭酸ガス」と根から吸収した「水」とから、光合成により炭水化物を生成し、同時に酸素を放出している。これらを要約して化学式で表わすと、



となる。この式で表わされるように、光合成と呼吸とは逆の関係にあり、呼吸は炭水化物を基質としてエネルギーを生成する生理作用であることがわかる。これらの作用により、植物の生長と維持が行われているわけである。そのため、光合成は植物生長の出発点となる最も重要な生理作用であり、光が重要なファクターであることがわかる。光合成の反応式を式(1)で簡単に記したが、現在は、光に影響を受ける反応部分と温度に影響を受ける反応部分とが、複雑に関係していることがわかってきている。その関係を図1に示す。この中で、光が直接関与しているのは、チラコイドにおける反応の「クロロフィルを活性クロロフィルに励起する段階」であり、この反応は温度の影響は受けないと言われている。この光合成における初期段階が、重要であり、この反応が起こらない限り、光合成は進展しない反応である。

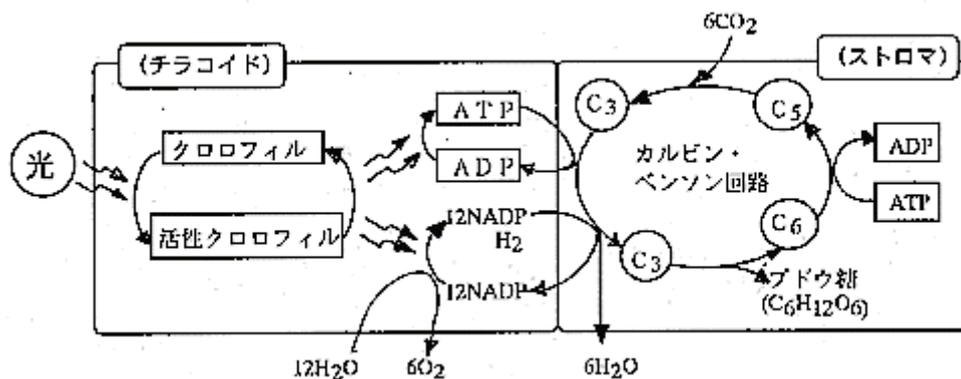


図1 光合成のしくみ

### 2.2 光の波長帯における特性について

光合成と光の量の関係は、種々の文献に譲るとして、本研究においては、光の波長帯(光質)における点に着目し、検討を進めた。

一般に、地上における太陽光のエネルギー分布は、約300~3,000nmの範囲であり、そのピークは460nm付近であると言われている。

また、波長面からは

- ・紫外線(400nm以下)
- ・可視光線(400~760nm)
- ・赤外線(760nm以上)

の3つに分けることができる。各波長におけるエネルギー比率は、概略値であるが、紫外線が5%以下を占め、残りを可視光線と赤外線が折半している。以下に各々の波長帯における特徴を示す。

### 2.2.1 紫外線

280nm以下の紫外線は核酸・タンパク質などの生体にとって重要な構成成分を破壊する作用を有し、生物全般に致命的な障害を与える。しかし、これらの大部分は大気圏のオゾン層により吸収され、地表にはわずしかしか到達しないため、太陽光を対象とする場合、280nm～400nmの紫外線が問題となる。この波長範囲の紫外線は植物の生育を抑制するが、枯死までは至らない波長範囲である。では、紫外線は不要かというところではなく、アントシアニン色素の発現に關与し、茄子の果色の発生に密接に關与していると言われている。

### 2.2.2. 可視光線

葉の最も重要な生理作用である光合成に關与している波長帯である。中でもクロロフィルaが主として光エネルギーを吸収し、光合成反応に有効なエネルギーに変換しており、クロロフィルbやカロチノイドの一種であるカロチンも光エネルギーを吸収するが量的にも少なく、結局クロロフィルaに伝達されて光合成に利用されるため、補助色素と呼ばれる程度のものである。光合成における吸収スペクトルを図2に示す。

### 2.2.3. 赤外線

葉の光線吸収率は、700nm以上になると急激に低下し、ほとんど吸収されることなく、反射や透過してしまう。短波長の赤外部に低い吸収率を示すことは、高温障害と過度の水分損失を避ける植物体の自衛本能であるが、この波長帯の太陽光は、エネルギーとしても量的に少ないため、自然環境としては問題はない。しかし、環境制御を行うためには、注意すべき波長帯であることには、変わりはない。

## 3. 実験

前節で述べた波長帯において、試料として「ポトス」を用い、その反応を「光学生体情報測定システム」を用いて観察した。代表的波長帯における植物の反応の様子を図3(1)～(3)に示す。

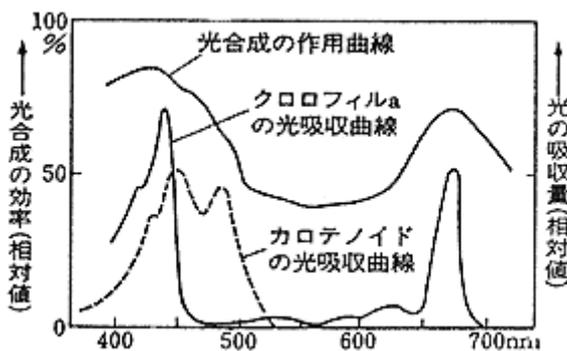
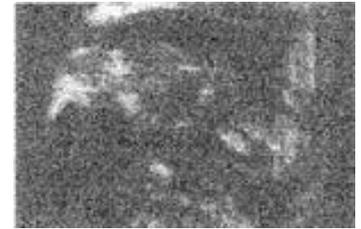


図2 葉と光合成色素の吸収スペクトル

これは、植物の葉面の反射・吸収の度合を示すものである。図3の中で明るい部分は光を反射している部分であり、暗い部分は光を吸収している部分である。本システムの特徴は、波長帯におけるピークを示すものではなく、ある波長帯における葉面全体の反射・吸収の度合を見ることが出来る点に特徴がある。



(1) 560 nm



(2) 660 nm



(3) 790 nm

図3 葉の反応の様子

## 4. おわりに

これら実験からわかるように、植物はその波長帯において、様々な反射・吸収の様子を示すことがわかる。逆に特定の波長帯における時間的変化を観察することにより、その植物がどのような状態にあるのか、また本来の状態と異なっているか否かの判断を下すことが可能となるかもしれない。これは、今後の実験結果の蓄積とともに、原理的な解明を必要とする部分であり、今後の生育過程の評価における課題といえるかもしれない。

### [参考文献]

- 1) 最新施設園芸の環境制御技術  
：誠文堂新光社
- 2) 野菜園芸大百科15 共通技術・先端技術  
：(社)農産漁村文化協会編
- 3) 野菜園芸大百科4 メロン・スイカ  
：(社)農産漁村文化協会編
- 4) 環境時代に向けた次世代農業施設の課題と展望  
：第13回農業施設研究会
- 5) 茨城県勢要覧：茨城県企画部統計課