

MICROWAVE EXPOSURE TEST FOR PLANT GROWTH

Hiroshi Murakami, Isao Kudo, Shinichi Nishizawa
Agency of Industrial Science and Technology
1-1-1Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568, Japan
E-mail: murakami-hiroshi@aist.go.jp, FAX + 81-029-861-5709

Abstract

Research and development for operational solar power satellite has been carried out in many Japanese institutes. Especially biological effects by microwave radiation are focused here at AIST Tsukuba. Promotion of plant growth is observed at both an outdoor facility and an indoor one, where data obtained at the former facility is confirmed. Hydroponics is used at the indoor facility and it can make easier to obtain reference data when compared with the outdoor ones. As specimen, *Brassica campestris* and spinach are chosen as a dicotyledon and Japanese pampas grass is chosen as a monocotyledon. Quickening of growth at winter season or withering at summer season is observed at microwave power density of about $10\text{mW}/\text{cm}^2$ and this phenomenon seems to result in temperature conditions of leaves or soil. The growth rates are compared for above plants. As temperature at Japanese pampas grass shows to be lower, we raise the environmental temperature and we can obtain rational tendency as dicotyledon. We conclude that heating by microwave radiation definitely causes the growth mechanism. Some future research plans are also mentioned.

植物のマイクロ波照射実験

村上 寛、西澤伸一 工藤勲 (産総研)

1. はじめに

宇宙発電衛星の実用化に向けた研究が進んでいるが生態系への影響についての調査は十分とは言えない。産総研では特に植物のマイクロ波による影響について調査を進めている。今までの調査でマイクロ波照射によって植物の成長促進が屋外と屋内で観察されている。成長促進のメカニズムの要因として現在のところ温度に関係することがわかってきた。このためマイクロ波を照射しない条件で植物の育成を行い、そのことを確かめる実験を行っている。また自然環境での次世代への影響については長期間にわたる実験が必要となるがデータの蓄積が少ないことから継続して屋外での照射実験を続行中である。

2. マイクロ波照射による植物の変化

屋外で小松菜やほうれん草といった双子葉植物に春夏秋冬の期間に 2.45GHz のマイクロ波照射を 10mW/cm² 程度の密度で照射したところ気温の高い季節では枯れ、気温の低い気候ではマイクロ波照射領域付近で温度上昇が生じて生育が良くなるが生じている。枯れる現象はマイクロ波が土壤の地温を上昇させたことで土壤の保水量が減少して砂漠化状態になることで起きる。図1に示した生育の良いドーナツ状の現象は秋季で気温が低く、雨が適度にあり、植物にとって快適な温度条件と思われる。この照射領域の地温は数度以上高くなっており、雪が降り積もった状態でもその部分には雪がなかった。雪のない時期で植物の表面温度は非照射領域と比べて数度以上高くなっていることからマイクロ波による加熱効果があることがわかった。

屋内実験施設は土壤の温度を一定にして屋外で得られた効果を確認する実験を行っている。この施設は土壤の代わりに水を利用して温度制御を行う水耕栽培法にしている。これは屋外で見られたマイクロ波による土壤の直接加熱を低減する効果が期待できるからである。照射実験はこの水温を 20℃ にして実施した。育成容器の中に当初ウレタンを敷き詰めて播種したがマイクロ波による加熱が生じて屋外と同様の現象が生じた。ウレタンの代わりにメッシュを用いることで土壤の温度上昇の問題が解決できた。この実験でもマイクロ波を照射した育成容器はマイクロ波電力密度によるが照射しない育成容器と比較して明らかに成長促進が見られた。しかしマイクロ波が直接植物に影響を与えているとは考えにくいので、そのメカニズムの解明を試みた。

3. メカニズムの解明について

マイクロ波が植物に直接影響を与えているのか生育雰囲気の影響なのかを調べるのがメカニズムの解明には重要と考えている。実験初期に行った育成容器の形状では生育雰囲気に問題があることがわかった。マイクロ波照射実験に用いている育成容器は図2のような9個に仕切られた箱型である。この中に種を入れて実験を行うが植物の生育に従って容器内が植物で混み合ってくる。この状態でマイクロ波が照射されると水分が多い空気が暖まり、雰囲気温度上昇が起きる。特に双子葉植物では葉っぱが容器に覆いかぶさり、蓋をした状態が続くことになる。その結果雰囲気温度の上昇によって生育促進が起きることになる。この影響を避けるため9個ではなく単体の育成容器にして側面から空気が入りやすいように壁をスリット状に改良した。また単子葉植物はススキなどに見られるように葉が縦に長いことで空気の流れができるため育成容器内の温度上昇が抑えられると期待し実験を行った。図3は双子葉植物での電力密度の異なる育成容器内の温度である。密度の高い内部温度は 10℃ 以上非照射容器よりも高くなっている。単子葉植物では双子葉植物より、数℃以上低くなっていることが確認されている。

3-1. 非照射での実験

屋内実験で非照射における水温の変化と気温の変化による生育の関係を調べた。成長促進のメカニズムの主な要因のとして土壤の温度と育成環境の温度が考えられる。屋外で生じた成長促進が地温によることを確かめるため水温を変えて生育を調べた。結果を図4に示す。水温の上昇に従って生育がよくなる傾向

があることから屋外で見られたドーナツ現象の要因の一つと思われる。次に生育雰囲気温度を変えた時に植物の成長がどのようになるかを恒温槽実験装置で確かめた。図5に恒温槽実験装置を示す。条件は水温を屋内施設と同様に一定(20℃)として育成雰囲気温度を20℃から40℃まで変えて植物の生育を観察した。図6はその一例で、植物にカイワレ大根を利用した。恒温槽の設定温度を高めるに従って生育が良くなる傾向がある。育成容器はマイクロ波照射で用いたものを用いている。植物の生育中その容器の中心付近の温度を計測したところ設定温度と異なり、高くなったり低くなったりすることがある。この変化は空気の流れが滞ったり、カイワレ大根の茎にセンサが接触したりすることで生じたものと思われる。このことからカイワレ大根の密生度を少なくして見たところ内部温度と設定温度との差が少なくなった。

4. 次世代への影響

図7は屋外に設置した5.8GHzの屋外施設で次世代への影響を調査している途中の育成の様子である。この施設でマイクロ波の照射領域数10cm程度を開墾し、その中で小松菜とほうれん草について播種、生育、採取を1年に一回行っている。

図8は播種した領域でのマイクロ波の電力密度分布の一例を示す。植物の次世代への影響については自然環境で行なうことが望ましい。しかし宇宙線、紫外線、気温などの多くの外乱があるのでここにマイクロ波を照射しても変化が少ないことが予想される。このため次世代の影響は数年以上に渡り、種の採取と播種を繰り返すことが重要と考えている。採取した種の遺伝子などを分析すれば何らかの情報が得られるが、マイクロ波だけの影響とは限らない。このため何らかの影響が発生した時点で解析や分析を行うことにしている。現在小松菜は2世代で、目視による観察では何ら影響は認められていない。引き続き3世代目に入っている。ほうれん草は2世代である。

5. 今後

マイクロ波の植物に及ぼすメカニズムの解明に向けて①マイクロ波の照射方向変更②恒温槽での植物種の変更を実施する予定である。屋内実験施設では育成容器の上方からマイクロ波を照射していたが水耕栽培では水を絶えず供給しなければならない。水は連続供給で無いので水位が絶えず変わることになる。マイクロ波は水位の位置で反射が生じることで大きく影響する。図9にその一例を示す。この変動を少なくするためマイクロ波の方向を育成容器に対して垂直方向から水平方向に変更する。水での反射が予想されるが直接波の方が大きいので、その影響は少ないと考えている。予備実験では育成容器と種の置き方に問題があるようで、成長促進の影響が少なくなっているような結果が出ている。このため電力密度の計測や詳細な実験を実施して確かめる予定である。

恒温槽で行ったカイワレ大根の生育実験で育成容器内の雰囲気温度が設定温度とはならなかった。これは屋内実験で見られた葉っぱによる空気の流れが悪くなる影響と思われる。種の量を少なくしたが効果が出なかった。このため設定温度と同程度の温度になるように植物はカイワレ大根でから小麦に変更して、実験をすすめる予定である。

次世代への影響については継続して実験をすすめる。

6. まとめ

屋内実験で双子葉植物と単子葉植物とで比較を行った結果、生育度の違いが明らかになった。これは育成容器内の温度が単子葉植物で低くなったことによるものと推察できた。このため恒温槽を用いて水温を一定にした条件で環境温度を高くして見たところ同じような傾向が認められた。これらのことから成長促進のメカニズムの一因としてマイクロ波による加熱効果が関係していることが分かってきた。



図1 屋外でのマイクロ波照射での生育の様子



図2 育成容器の形状 (9ブロックに区切られている)

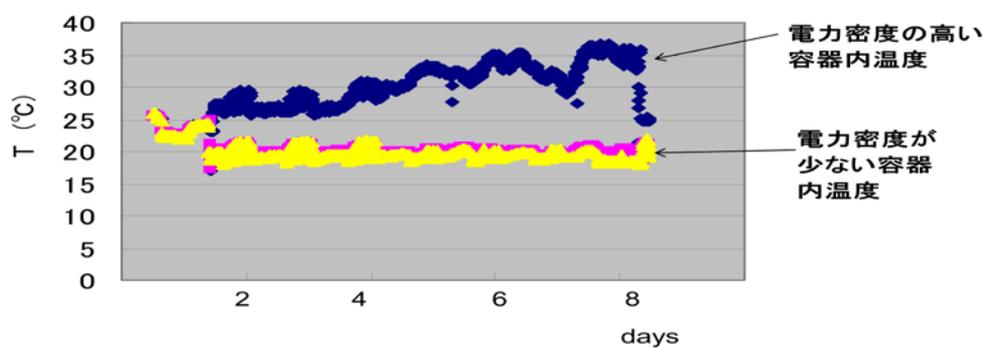


図3 育成容器内の電力密度による温度の違い

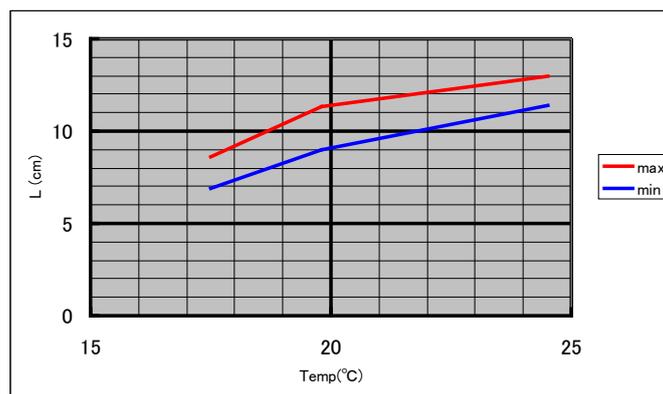


図4 水温の違いによるカイワレ大根の茎の長さ

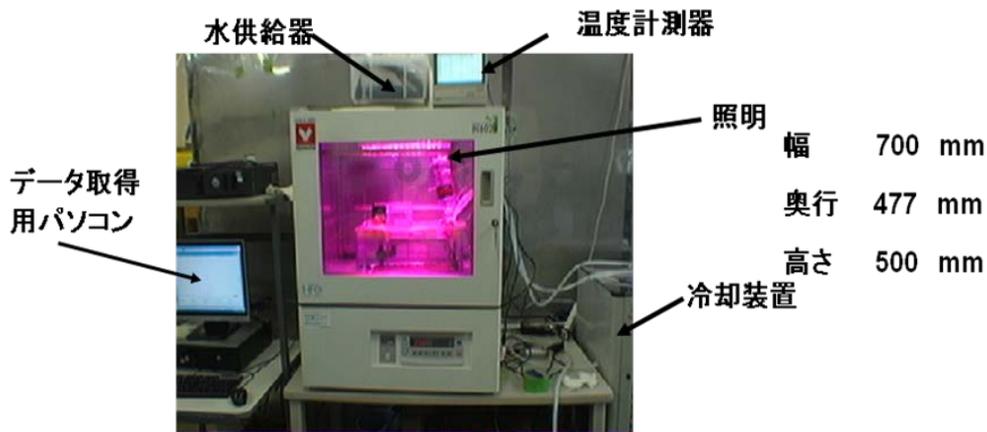


図5 恒温槽による実験装置

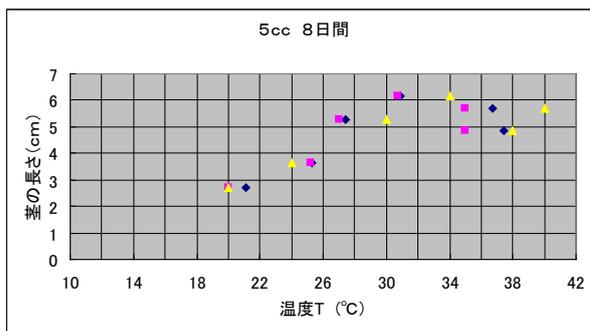


図6 恒温槽内温度の違いによるカイワレ大根の丈の長さ (屋内実験施設と同じ水温での比較)



図7 実験施設と生育の様子 (2世代目)

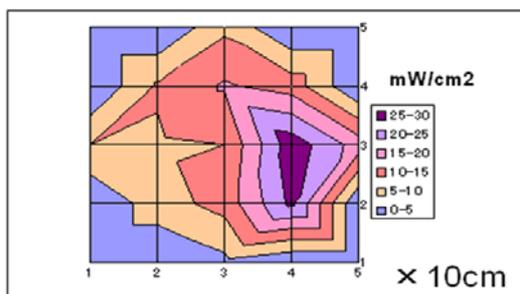


図8 屋外実験での電力密度分布の一例

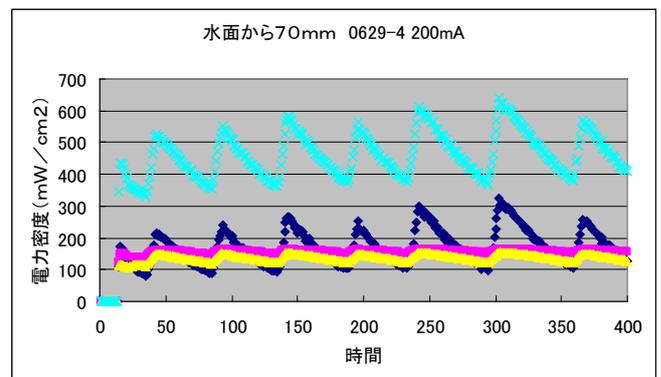


図9 屋内実験施設内の水位の変化によるマイクロ波電力密度の変位 (水位調整バルブの動作に依存)