

MICROWAVE EXPOSURE TEST FOR PLANT GROWTH

Hiroshi Murakami, Toshiaki Iwata, Yasuyuki Abe, Yoshitsugu Toda

Agency of Industrial Science and Technology

1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568, Japan

E-mail: murakami-hiroshi@aist.go.jp, FAX + 81-029-861-5709

Isao Kudo

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

2-1-1 Sengen-cho, Tsukuba, 305-8505, Japan

Ken-ichi Saito (Nippon Veterinary and Life Science University)

1-7-1, Kyonan-cho, Musasino-shi, Tokyo 180-8602, Japan

Toshirou Okuda

Sanwa Norin Co., Ltd

1585 Hasuda, Hasuda-shi, Saitama, 349-0100, Japan

Takashi SAITO

Institute for Unmanned Space Experiment Free Flyer (USEF)

2-12 Kanda-Ogawamachi, Chiyodaku, Tokyo, 101-0052 Japan

The effect of microwave power beams on the terrestrial ecological system requires extensive study and more than ten years of work has been carried out at AIST, Tsukuba using a long-duration microwave exposure facility (LDMEF), which was originally built as an outdoor facility at the time of its establishment and an indoor one use followed in 2003. The 5.8GHz microwave exposure test for white radish has been carried out. Here, we present the test results using the latter. Magnetron current was varied from 50mA to 190mA. Growth was promoted at each magnetron current of 30mA, 50mA and 70mA. In particular, lower current hastened the growth. The enhanced-growth area coincided with the contour of microwave power that was illuminated on the plant. In contrast, growth was hindered by magnetic current above 100mA. Test results obtained for 5.8GHz microwave exposure agreed with those for 2.45GHz exposure had been obtained previously at the indoor facility. Power density was corrected by NARDA S.T.S EMR300 calibrator in addition to magnetron current for data evaluation.

植物へのマイクロ波照射実験

村上 寛、岩田敏彰、阿部宜之 戸田義継 (産総研)
斎藤健一 (日本獣医生命科学大学)
奥田俊郎 (三和農林)
工藤 勲 (宇宙航空研究開発機構)
斎藤 孝 (無人宇宙実験システム研究開発機構)

1.はじめに

宇宙発電衛星の実用化に向けた研究は進んでいるが生態系への影響は十分調査されていない。海外ではNASAがレクテナ近傍でアルファルファによる照射が2002年に報告されているだけである。日本では宇宙研(現JAXA)が1990年ころ長友先生がマイクロ波ガーデンを設置して生態系への影響について調査を開始した。産総研では1994年に屋外実験施設を設置し、植物実験を開始したところ2.45GHzのマイクロ波照射実験で10mW/cm²以上の密度で成長促進が観察された。この影響を詳細に調査するため屋内実験施設を2002年に設置した。この施設で2.45GHzおよび将来期待されている5.8GHzにおける植物への影響調査を実施している。屋外の実験施設において周波数2.45GHzのマイクロ波を植物に照射した結果では、電力密度が10mW/cm²以上で、植物の成長促進や、土壌の温度上昇による植物の枯れ現象が観察されている。また屋内実験においては模擬土壌により生育への影響が異なるが、成長促進や枯れ現象が屋外での照射実験と同様に生じることが明らかになった。

今まで、カイワレダイコンを対象として、周波数5.8GHzでも屋内実験を行い、2.45GHzと同様の影響が確認されたが5.8GHzについては、マイクロ波の電力密度の計測器に限界があったため、マグネトロン電流値での評価になった。今回、5.8GHzに対応した計測器で電力密度を計測し、その値を基準として照射実験を行ったので、今までの結果と合わせて報告する。

2.実験施設

5.8GHz、および2.45GHzの屋内マイクロ波照射施設は内側の寸法2.5m四方、高さ2mほどの箱型である。また照明機器の熱放出をさせるため吹き抜け構造としてある。内部は白くして照度を高め(中心部で600lx)、壁はステンレスのメッシュをサンドイッチ構造にして電磁遮蔽を施した。マイクロ波照射は5.8GHzホーンアンテナ(開口部25cm×18cm)を80cmの高さ(植物照射位置までの距離)に取り付けた。図1に実験施設を示す。植物のための育成容器は水温度を一定に制御するシステムを1.2m×1.2mの箱に組み込んだ水の入った容器の中に入れた。この育成容器はメッシュを用いて発育中の植物の根が水中に成長するようにして温度を一定に保つようにしてある。このようにすることで模擬土壌となる温度を一定に保つことができるようになった。

5.8GHzおよび2.45GHzのマイクロ波発生はマグネトロンを用いた電源装置で行った。照射実験初期は5.8GHzの電力密度測定機器がないことからマイクロ波発生装置のマグネトロン流入電流をパラメータとして、また後半は電力密度計測結果をもとに照射実験を行って評価した。



図1 屋内実験

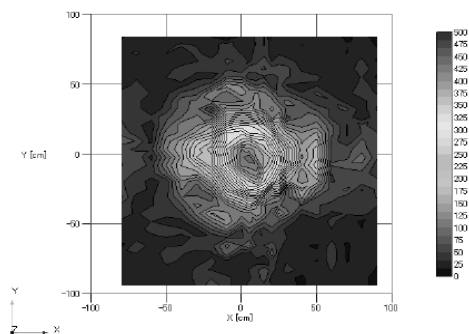


図2 マイクロ波分布の一例 (四角は50cm四方の領域)

(2) 電力密度の計測

図-2はホーンアンテナから放射されるマイクロ波電力密度は電界強度センサをリニアステージ上に固定して、移動させながら測定した結果の一例を示す(センサ NARDA S.T.S EMR300)。計測軸は入口から奥に向かう方向(垂直方向)をy軸、入口に並行した方向をX軸とした。このX方向を10cmずつ移動させて5か所測定した結果をまとめたものである。中心付近10cm四方での電力密度は $50\text{mW}/\text{cm}^2$ ほどである。またマイクロ波強度の高い照射領域は $40\text{cm} \times 50\text{cm}$ 程度である。また、この電界強度センサを用いてマグネトロン電流値と電力密度の関係を求めた結果を図3に示す。このグラフをもとに電力密度の換算を行った。

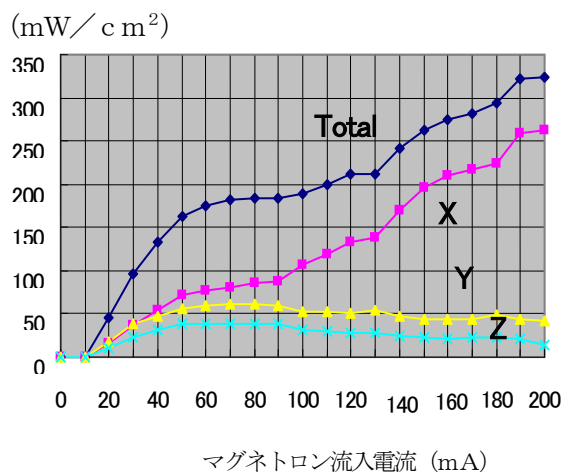


図-3 電流と電力密度の関係

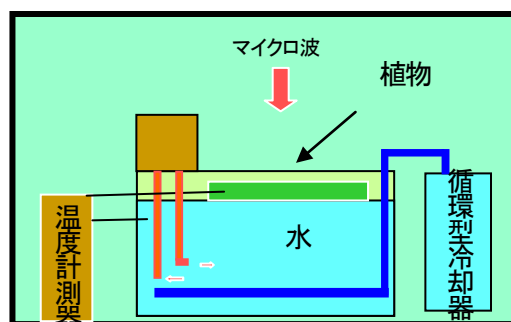


図-4 温度制御システム

(3) 模擬土壌の温度

土壌温度は冬場などでは、温度が数°C以下と低いが長時間連続して照射されるマイクロ波電力のエネルギーがあると照射領域の温度が上昇する。この効果により、成長促進や枯れ現象が生じる。この影響を除くため屋内実験施設では模擬土壌に水を絶えず供給し、かつ冷却器とヒーターにより、温度制御を行って模擬土壌の温度を制御するようにした。図4.に温度制御システムを示す。温度は制御初期から1時間程度で 20°C になる。設定温度の約 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ の範囲で安定した状態が維持できた。この一定の温度状態の模擬土壌で 5.8GHz マイクロ波照射実験を実施した。

(4) 評価方法

評価は育成中や育成後に茎や根の長さ、重さの計測、あるいは育成の異常の観察を行うようにした。昨年度と同様に植物(カイワレダイコン)の種を植えてから8日間育成したのち、各々の小容器内(育成容器は3分割されており、その1つを小容器とする)の発芽と成長の様子を観察し、各小育成容器から成長の良い株を50本選択して、これを10本、1束として5束の平均を計測した。成長促進の基準としては最小単位が 0.5cm であることから 1.5cm 以上の差があれば成長促進、また 1.5cm 以上小さければ成長不良とした。

(5) 5.8GHz による照射実験結果

模擬土壌の温度を一定にした環境で、照射実験は1) マグネトロン流入電流値をパラメータとした照射実験、2) マイクロ波電力密度をパラメータとした照射実験を実施した。

A. マグネトロン流入電流実験は 30、50、70、100、120 (mA) の5ケース行った。その50mAでの結果の一例を図5に示す。

中心付近に細長い範囲に成長の良い箇所が見られるが一部に成長不良箇所が見られた。成長がよい領域は12~13cmの丈がある。成長の少ないところでは11cm以下となっている。1.5cm程度の差がある領域があることから成長促進が認められる。このときの模擬土壌温度は20℃である

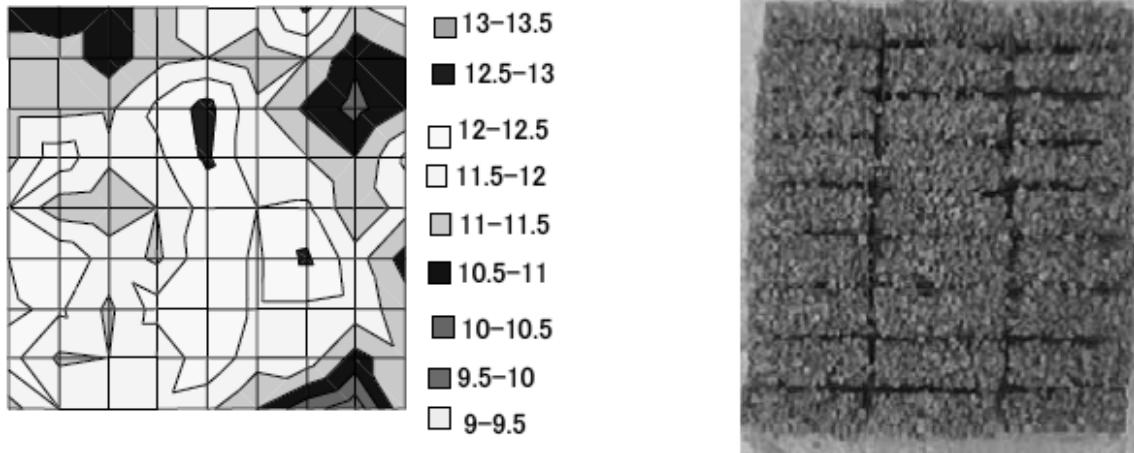


図5 茎の長さ分布 (左) と照射実験後の育成状況 (右)

電流値：120mAではマイクロ波電力が高いことで中心部にドーナツ状の顕著な成長不良が観察されている。特に中心部の丈は他の領域と比較して2cmほど低くなっている (図6 右)。このドーナツ状領域はマイクロ波電力密度の分布に対応している。電力密度換算値では210mW/cm²と高い値である。模擬土壌温度は育成中20℃であった。

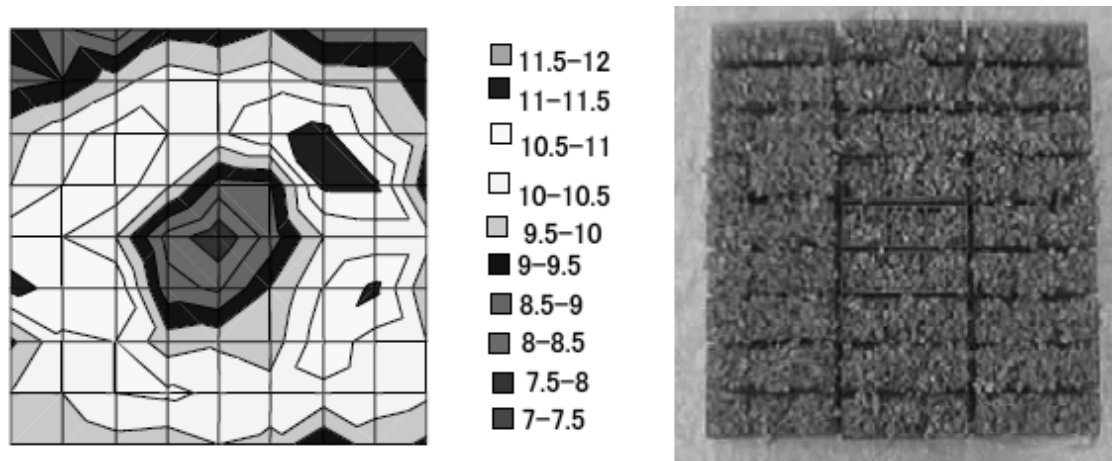


図6 茎の長さ分布 (左) と照射実験後の育成状況 (右)

B. マイクロ波電力密度をパラメータとした照射実験は電力密度値： 約1、3、10、20、50 (mW/cm²) の5ケース行った。

電力密度 約10mW/cm² では成長の少ない領域と多い領域との丈の差は1.5cmであった (図7左)。

しかし、非照射実験での場所による丈の差は1cm程度以上見られることから、この差は有意ではないと考えている。

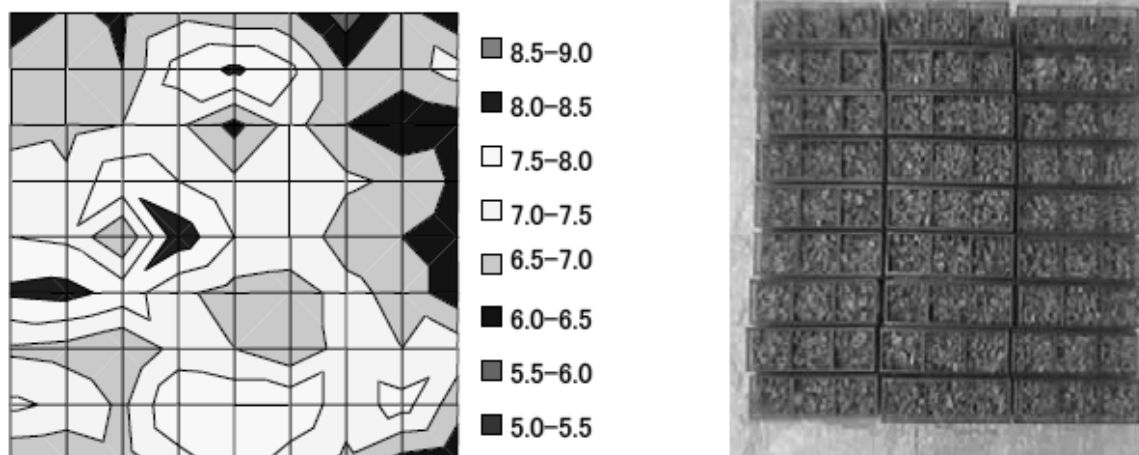


図7 茎の長さ分布（左）と照射実験後の育成状況（右）

電力密度 約 50 mW/cm² は、模擬土壌温度が 15.6℃と低かったことで全体の成長が悪くなった。しかし電力密度が高いことで成長のよい領域が部分的に 1.5 cm以上見られている。このケースでは全体的に生育が 1 cm程度であることから詳細な評価は出来ない。

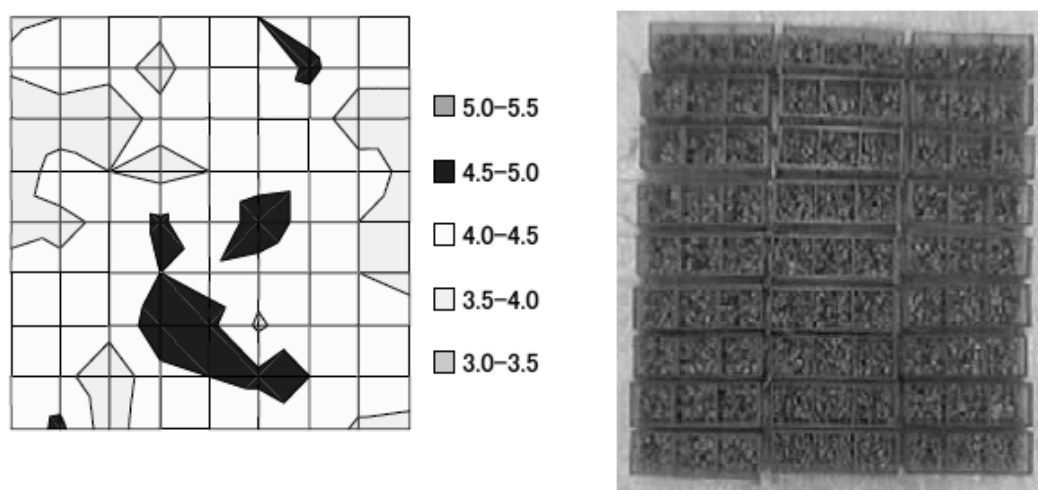


図8 茎の長さ分布（左）と照射実験後の育成状況（右）

以上の10ケースの照射実験の結果を表-1と表-2にまとめた。

表1 マグネトロン流入電流値をパラメータとした照射実験結果
(照射期間：8日間、模擬土壌温度：20℃設定)

サンプル No	マグネトロン電流値 (mA)	電力密度換算値 (mW/cm ²)	観察した育成状況	土壌温度 (°C)	備考
1	30	100	わずかな成長促進	20	
2	50	160	帯状の成長促進	20	
3	70	180	変化なし	20	照射時間不足
4	100	190	一部にわずかな生育不良	20	
5	120	210	一部に多くの生育不良	20	

表2 マイクロ波電力密度をパラメータとした照射実験結果
(照射期間：8日間、模擬土壌温度：20℃設定)

サンプル No	電力密度値 (mW/cm ²)	観察した育成状況	土壌温度	備考
1	約1	マイクロ波の影響は見られない	20	
2	約3	マイクロ波の影響は見られない	20	
3	約10	マイクロ波の影響は見られない	20	
4	約20	わずかに成長促進が認められる	15.8	土壌温度低い
5	約50	わずかに成長促進が認められる	15.6	土壌温度低い

6. まとめ

5.8GHzのマイクロ波でカイワレダイコンにマグネトロン電流値50から190mAまでの範囲で照射実験を行った。この結果、電流値30, 50, 70mA(電力密度換算値180 mW/cm²以下)のケースでは成長促進が観察されている。特に電流値の低い値ほど強い成長促進の傾向が示された。成長促進の領域は計測したホーンアンテナの放射パターンに沿った範囲に近い。また100mA以上の高い電流値では成長が少なくなる傾向が観察され、成長不良が生じた(電力密度換算値190 mW/cm²以上)。電力密度を計測後では20 mW/cm²以上で成長促進がわずかに認められているが温度が低いことで評価ができていない。今回報告した5.8GHzの結果は今まで2.45GHzの屋内施設で観察された結果と同様な傾向が示されている。

参考文献

- [1]村上、小見山、加藤、工藤：第3回SPSシンポジウム，pp.90-95，2000。
- [2]村上、岩田、阿部、斎藤、奥田、工藤：第7回SPSシンポジウム，pp.95-98，2004
- [3]村上、岩田、阿部、戸田、斎藤、奥田、工藤：第8回SPSシンポジウム，pp.95-98，2005
- [4]村上、岩田、阿部、戸田、斎藤、奥田、工藤：第9回SPSシンポジウム，pp.81-84，2006

