

宇宙環境に対する植物反応解明のための実験系構築－植物生殖成長に対する微小重力の影響

北宅善昭（阪府大）、高橋秀幸（東北大）、山下雅道（JAXA）、東谷篤志（東北大）、後藤英司（千葉大）、齋藤高弘（宇都宮大）、谷晃（静岡県大）、土屋広司（浜松ホトニクス）、多胡靖宏（環境研）、田山一郎（千代田アドバンスト・ソリューションズ）、神阪盛一郎（富山大）、保尊隆享（阪市大）、高沖宗夫、矢野幸子、鎌田源司（JAXA）

Establishment of the Experimental System for Clarifying Plant Responses to Space Environment – Effects of microgravity on plant reproductive growth

Yoshiaki Kitaya, Hideyuki Takahashi, Masamichi Yamashita, Atsushi Higashitani, Eiji Goto, Takahiro Saito, Akira Tani, Hiroshi Tsuchiya, Yasuhiro Tako, Ichiro Tayama, Seiichiro Kamisaka, Takayuki Hoson, Muneo Takaoki, Sachiko Yano

E-Mail: kitaya@envi.osakafu-u.ac.jp

Abstract: A fundamental study was conducted to develop the experimental system to investigate the effects of space environment on vegetative and reproductive growth of plants in their life cycles. In this study, the thermal situation of the plant reproductive organs as affected by gravity levels was determined. Effects of gravity levels of 0.01, 1.0 and 2.0 g for 20 seconds each during parabolic airplane flights was investigated in order to make an estimation of temperature increases in the reproductive organs in closed plant growth facilities under microgravity in space.

Key words; Plant reproductive organs, Rice, Space experiment, Tomato

はじめに

宇宙環境が数世代にわたる植物の生活環と遺伝的変異に及ぼす影響の解明は、宇宙生物科学に資する重要な情報を得ると同時に、長期の有人宇宙活動を支援するための、植物を中心とした生命維持システムや宇宙農場の構築(例えば、Yamashita et al., 2006)に不可欠な生物科学的情報を得るために重要である。そこで長期間にわたる宇宙での植物実験を科学的に遂行するため、「宇宙環境に対する植物反応解明のための実験系構築」ワーキンググループを組織した。

ワーキンググループの主な目的は、以下の2項目を開発および確立することである。

(1) 宇宙環境が植物の生活環を通じた栄養成長過程に及ぼす影響を解明する宇宙実験のために、精密な環境制御の下で植物を育成し、全生育ステージにおけるガス交換、乾物生産、形態形成などを個体・組織のレベルでモニタリングする植物栽培・モニタリング装置を開発する。

(2) 宇宙環境が植物の生殖成長と遺伝的変異に及ぼす影響を解明する宇宙実験のために、環境ストレスが誘導する生殖成長不全の分子マーカーなどを用いて、植物の生殖成長過程を遺伝子発現のレベルでモニタリングする実験系を確立する。

ここでは、環境ストレスに敏感な生殖器官に注目し、その温度に及ぼす微小重力の影響について、航空機放物線飛行実験により、微小重力下で熱対流が生じない場合の生殖器官微細組織の温度の動態

について検討した。

材料および方法

航空機搭載用実験装置の概要を図1に示す。実験装置は、ロックウール培地で育成した植物体、植物用

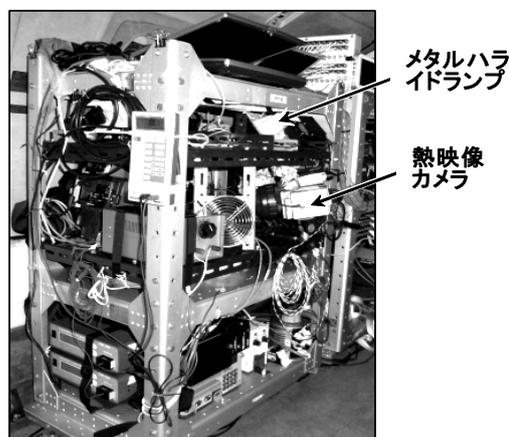


図1. 航空機に搭載した植物器官温度の計測システム

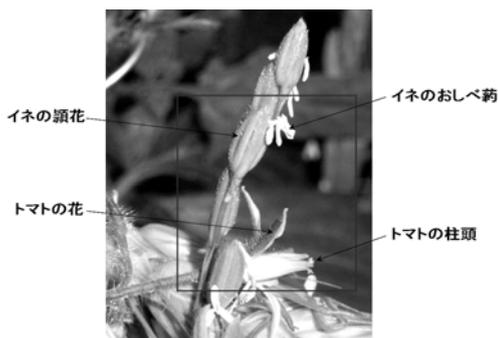


図2. 熱画像撮影に用いた植物の部位

照明装置、熱映像カメラ、データロガー等から構成される。その他、環境計測装置として、植物体近傍に、気温、相対湿度、気流速度計測器を取り付けた。

結果および考察

図2に示すイネの穎花とオシベの葯、およびトマトの花弁とメシベ柱頭の熱画像計測の結果、植物体各部位の表面温度は、重力が1 gから2 gに増加すると低下し、0.01 gに低下すると上昇した(図3、4および5)。1 gから0.01 gへの重力の低下に伴い、イネの穎花では2°C、オシベの葯では3.6°C温度が上昇し、またトマトの花弁では2.7°C、メシベ柱頭では2.4°C温度が上昇した。重力の低下に伴う植物体各部位の表面温度の上昇は、イネのオシベ葯のような微細な部位で、特に著しくなった。

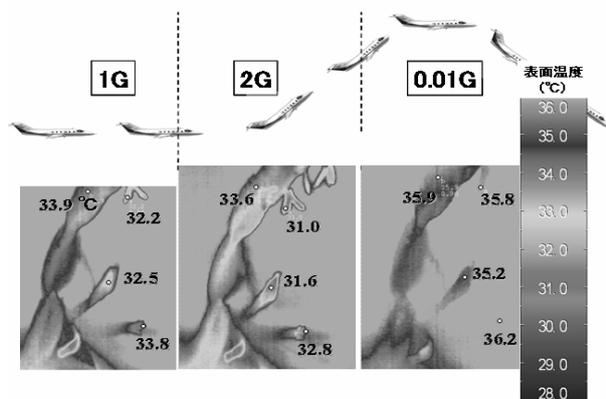


図3. 異なる重力下での熱画像 (図2の写真の枠線の部分)

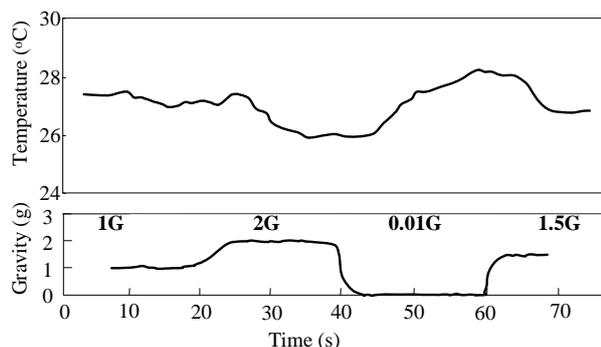


図4. 放物飛行中の重力変化に伴うイネ穎花表面温度の変動の代表例
 気温: 26°C、気流速度: 0.05 m s⁻¹、放射照射量: 100 W m⁻²

これらのことから、微小重力下で熱対流が生じない場合の生殖器官微細組織の表面温度は、2-4°C上昇し得ることが確認できた。このことは、微小重力下では、光合成などのガス交換が抑制される (Kitaya et al., 2001, 2006) とともに、生殖器官の温度上昇により、不稔などの生殖異常を引き起こす可

能性を示唆している (図6)。

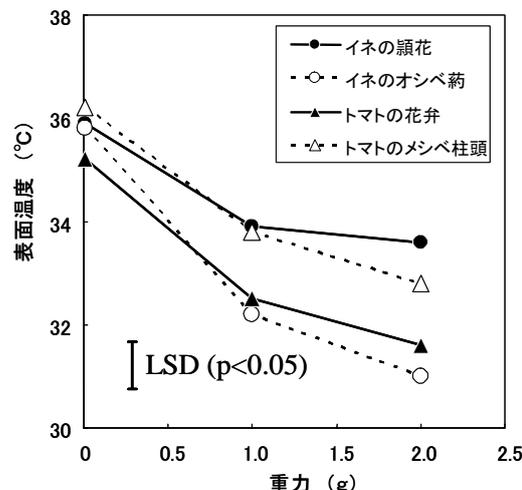


図5. イネおよびトマトの各器官表面温度に及ぼす重力の影響
 図中のLSDは、各器官の温度における最小有意差(有意水準95%)を示す(n=4)。

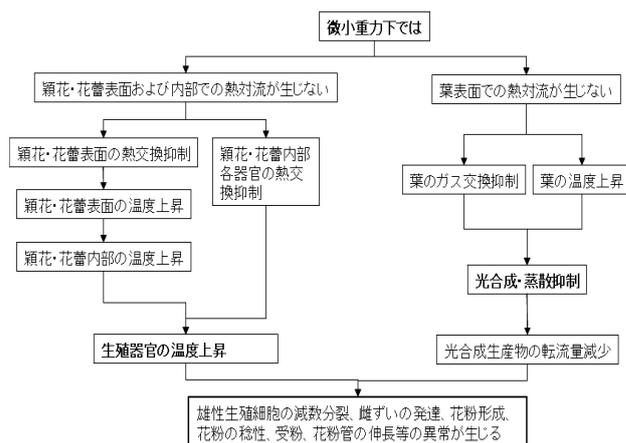


図6. 熱およびガス交換の観点から見た植物の生殖成長に及ぼす微小重力の影響

謝辞: 本研究の一部は、JAXA および JSF による「宇宙環境利用に関する公募地上研究」の一環で行なわれた。

参考文献

Kitaya et al., The effect of gravity on surface temperature and net photosynthetic rate of plant leaves. *Adv. Space Res.* 28, 659-664, 2001.
 Kitaya et al., Heat and gas exchanges between plants and atmosphere under microgravity conditions. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1077, 244-255, 2006.
 Yamashita et al, An Overview of challenges in modeling heat and mass transfer for living on Mars. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1077, 232-243, 2006.