

平成 29 年 8 月 8 日

報道機関 各位

東北大学大学院生命科学研究科

植物が宇宙で成長するための機能を解明 微小重力下では、根が高水分側に伸びることを発見

【発表のポイント】

- 植物の根は、生存に必須な水を取り込むために、地上（重力環境下）では重力に応答し下側に伸びるだけでなく、水分勾配にも応答して水分の多い方向に伸びる。
- 微小重力下では、水分勾配により敏感に応答して高水分側に根が伸びることを、宇宙実験によって明らかにした。
- 宇宙居住のための閉鎖生態系で植物を効率的に栽培するための、節水型養水分供給法の開発に貢献することが期待される。

【概要】

東北大学大学院生命科学研究科の高橋秀幸教授らのグループは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）等と共同で、国際宇宙ステーションの日本実験棟「きぼう」で宇宙実験を実施し、キュウリの根が微小重力下（ μG ）では水分の多い方向に伸びることを明らかにしました。「きぼう」実験室内で人工的に作りだした地球と同じ重力環境（1G）におかれた根は、水分の多い・少ない方向と関係なく、重力方向（下側）に伸びました。また、キュウリの根は、水分勾配および重力を感知して、植物ホルモンのオーキシンの分布を変化させますが、これにはオーキシンを運ぶタンパク質 CsPIN5 の局在変化がともない、地上では、重力に応答した CsPIN5 の局在変化が水分勾配によって誘導されるオーキシンの再分布を抑制することが示されました。これらの結果から、根は重力・水分勾配を感知して伸長方向を制御する能力を持ち、地球上ではそれぞれが競合的に働きますが、宇宙の微小重力下では重力応答が起こらないために水分勾配への応答が顕著に現れることがわかりました。

以上の研究成果は、宇宙環境を利用して根の重力と水分勾配への応答を分離できることを意味し、宇宙の微小重力下や地球上の半乾燥地・植物工場などの特殊環境下で、水分の多い方向に伸びる性質を利用して根の伸長方向を制御し、水を効率的に植物に供給するための新技術の開発研究につながると期待されます。

本研究結果は、8月3日の国際誌「New Phytologist」（電子版）に掲載されました。本研究は、文部科学省科学研究費補助金およびJAXAの支援を受けて行われました。

【詳細な説明】

植物は生育する場所で、生存に有利な方向に伸びる屈性によって、様々な環境に順応できます。根は植物の生存にとって必須の水を取り込みますが、そのために重力に応答して下側に伸びるだけでなく（これを重力屈性といいます）、水分勾配にも応答して水分の多い方向に伸びることができます（これを水分屈性といいます）。

高橋教授らのグループは、これまでに「恒常的に重力が存在する地球上では、水分屈性を重力屈性から区別して観察することが難しいが、キュウリの芽生えを用いた宇宙実験からは、微小重力下では重力屈性の発現が排除されて、水分屈性が発現しやすくなる」という可能性を示していました。

本研究では、キュウリ根の水分屈性を重力屈性から分離できることを、植物が受ける重力の方向を攪乱するクリノスタット回転装置*を用いた地上実験、ならびに国際宇宙ステーション「きぼう」実験棟の微小重力環境を利用した宇宙実験によって証明することを試みました。その結果、地上クリノスタット回転および宇宙微小重力の条件では、水分勾配の存在下で根は高水分側に屈曲伸長し、一方、地上静置条件および宇宙人工重力下では、水分勾配が存在しても、根は正常な重力屈性によって重力方向に伸長しました。また、根は微小重力下では、小さな水分勾配にもより敏感に応答して水分屈性を発現することが示されました(図 1)。このキュウリ根の水分屈性にはオーキシンが重要な役割を果たしますが、オーキシンの不均等分布に機能すると考えられるオーキシン輸送タンパク質 CsPIN5 が、水分勾配下では根の低水分側に比べて高水分側に多く発現する結果、高水分側に多くのオーキシンが運ばれ、そこで細胞伸長を抑制する可能性が示されました。すなわち、根は重力を感知してオーキシンの不均等分布を誘導し、上側に比べて下側で多くなるオーキシンが細胞伸長を抑制して下側に屈曲すると考えられていますので、本研究結果から、重力応答によって制御されるオーキシンの再分布が水分勾配によって制御されるオーキシンの再分布に競合的に働き、水分屈性に干渉していることが示されました。

以上の結果は、微小重力下で根の水分屈性を重力屈性から分離できることを証明し、それぞれのメカニズムの制御によって、根の水分屈性の能力を高められることを意味しています。これらの知見は、将来的な宇宙居住に必要な植物生産は勿論、地球上の半乾燥地や植物工場などにおける植物生産で水を効率的に植物に供給する新技術に活用されることが期待されます。

本研究は、科研費新学術領域「植物の環境感覚」、科研費基盤研究(C)、科研費若手研究(B)、最先端・次世代研究開発支援プログラムによって支援されました。尚、本宇宙実験は東日本大震災の発生前後に古川聡宇宙飛行士や若田光一宇宙飛行士らによって国際宇宙ステーション「きぼう」で実施され、成果は John Wiley & Sons (Wiley) からプレスリリースされました。

【用語説明】

* クリノスタット回転装置

クリノスタットは、植物などの試料を載せて、通常は低速(1-2 rpm)で回転させる装置で、地球上で重力が働いても、連続的に回転させることによって、試料が受ける重力の方向を

攪乱することができる。例えば、植物体を横倒しにすると、重力に反応して、茎葉（シュート）は上に、根は下に屈曲伸長するが、クリノスタットで回転させると、それらは屈曲しないで伸長することから、重力反応をキャンセルさせる方法あるいは微小重力下での植物の成長を模擬する方法として用いられている。

【図】

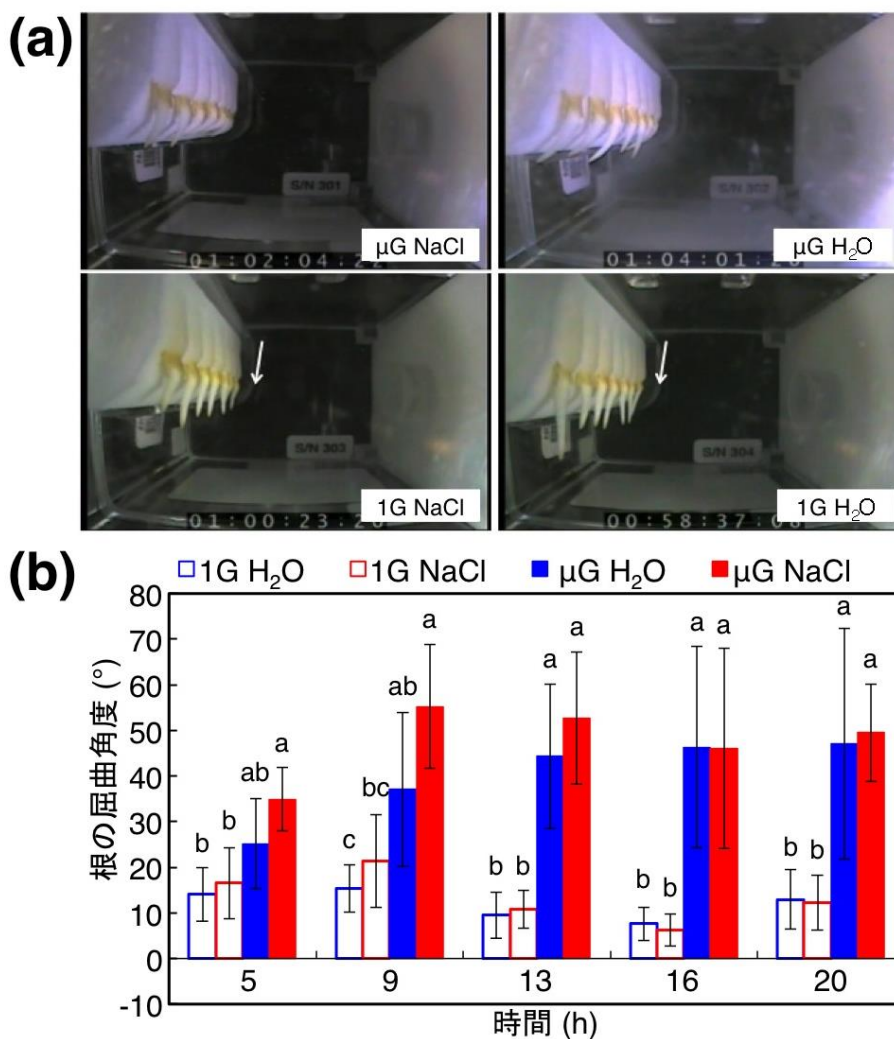


図 1. 宇宙の微小重力 (μG) 下で高水分側に伸びる根と人工重力 (1G) 下で重力方向 (白矢印) に伸びる根 (a)、およびそれらの根の屈曲角度の経時的な変化 (b)。キュウリの種子をスポンジ様ブロック (各写真の左) に差し込み、「きぼう」実験室内でスポンジ様ブロックに給水して種子を人工重力 (1G) 下で発芽させた。給水 18 時間後に容器内の芽生えと対面側に貼り付けたろ紙 (各写真の右) に水 (H_2O) または食塩水 (NaCl) を注入して、それぞれの容器を人工重力 (1G) 下または微小重力 (μG) 下におき、芽生えを生育させた。微小重力下 (μG) では、根が水を含んだスポンジ側に屈曲して伸び、水分勾配の大きい場合 (NaCl 区)、水分勾配の小さい場合 (H_2O 区) に較べて、より大きな屈曲を示した。人工重力 (1G) を負荷すると、根は水分勾配に関係なく、重力の方向 (白い矢印) にまっすぐに伸びた。

【論文題目】

題目: Gravitropism interferes with hydrotropism via counteracting auxin dynamics in cucumber roots: clinorotation and spaceflight experiments

著者: Keita Morohashi, Miki Okamoto, Chiaki Yamazaki, Nobuharu Fujii, Yutaka Miyazawa, Motoshi Kamada, Haruo Kasahara, Ikuko Osada, Toru Shimazu, Yasuo Fusejima, Akira Higashibata, Takashi Yamazaki, Noriaki Ishioka, Akie Kobayashi, Hideyuki Takahashi

雑誌: New Phytologist

DOI: 10.1111/nph.14689

【お問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科

担当 高橋 秀幸 (たかはし ひでゆき)

電話番号: 022-217-5714

Eメール: hideyuki@ige.tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科広報室

担当 高橋 さやか (たかはし さやか)

電話番号: 022-217-6193

Eメール: lifsci-pr@grp.tohoku.ac.jp