

統計干渉法を用いた植物の極短時間成長ゆらぎの起源の解明

Investigation of the origin of nanometric intrinsic fluctuation of short-term growth of plant - influence of stomatal closure

埼玉大学大学院理工¹, 埼玉県環境科学国際センター²,°安達偉人¹, 門野博史¹,Saitama University¹, Center for Environmental Science in Saitama²°Adachi Isamu¹, Hirofumi Kadono¹,

E-mail: s11me201@mail.saitama-u.ac.jp

1. はじめに

我々は、秒オーダーの極短時間の植物の成長応答をサブナノメータ (10^{-10} m) の精度で計測することにより、環境条件が植物の成長に与える影響を評価可能な高感度な干渉計測システム (統計干渉法 (SIT)) を提案し、研究をおこなってきた。SIT は、十分発達したスペックル場の位相が $-\pi \sim \pi$ の範囲で一様に分布するという統計的に非常に安定した性質を利用した原理的に全く新しい超高感度な干渉法である。植物学における従来法では秒スケールでの極短時間の植物の成長挙動はほとんど知られていない。

SIT を用いた我々のこれまでの実験により植物は一定のスピードで生長しているのではなく数十秒の期間で伸縮を繰り返しながらトータルとして伸びており、そのゆらぎ (成長のナノメータゆらぎ) の大きさが照明条件や環境ストレスによって異なるということを示した^{1, 2)}。これに基づいて、成長速度のナノメータゆらぎが植物ストレスの指標になるのではないかと注目している³⁾。本研究では、この植物成長ゆらぎを Nanometric Intrinsic Fluctuation (NIF) とよぶ。そのメカニズムについては未だ明らかではない。この植物成長ゆらぎの起源の解明を目指して、気孔の開閉とそれに伴う蒸散速度の変化との関係を明らかにする為の基礎研究を行った。

2. 実験および結果

当研究室における先行研究であるアクアポリン阻害実験の結果から、植物細胞レベルでの水分移動が成長速度のナノメータゆらぎと関係していることが示唆されたが⁴⁾、成長ゆらぎは完全には消えず、複合的なメカニズムのために他の要因が含まれていると考えた。そこで本実験では、植物の気孔の開閉あるいはそれに伴う水分の移動および蒸散がゆらぎを引き起こしていると考え、気孔閉鎖を誘導する効果のあるアブシシン酸 (ABA) を用いて植物の葉の成長計測を行った。成長計測実験の前後で光合成速度測定器を用いて、気孔伝導度 (Stomataconductance) の測定も行った。実験植物としてニラ (*Allium tuberosum* Rottler) を用いた。ニラの葉を固定し、統計干渉法の光学系 (Fig.1) により葉の先端から 5cm の位置を 2 本のレーザーで照射し (2 光束間 3mm)、2 点から生じる 2 つの独立したスペックルパターンの重ね合わせの結果生じるランダムな干渉パターンを CCD カメラで検出する。これにより、2 点間の葉の伸張を 0.5 秒ごとに 5 時間計測した。実験中はハロゲンランプ・蛍光灯 ($200 \mu\text{mol/s} \cdot \text{m}^2$) を植物全体に照射した。測定開始から 1 時間はニラの根は水に浸している状態であり、実験開始 1 時間後アブシシン酸を投与した。Fig.2 に成長速度 (relative elongation rate) (nm/mm s) の変化を示す。投与前、投与後の NIF の標準偏差は、1.16 から 0.66 nm/mm s へ減少しており、43%低下していることがわかる。Fig.3 にアブシシン酸の濃度増加に対する標準偏差の変化を示した。アブシシン酸の濃度の増加とともに NIF の標準偏差の減少率

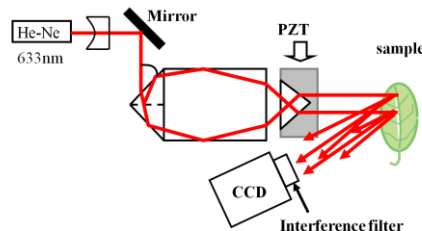


Fig. 1 Optical system of statistical interferometry

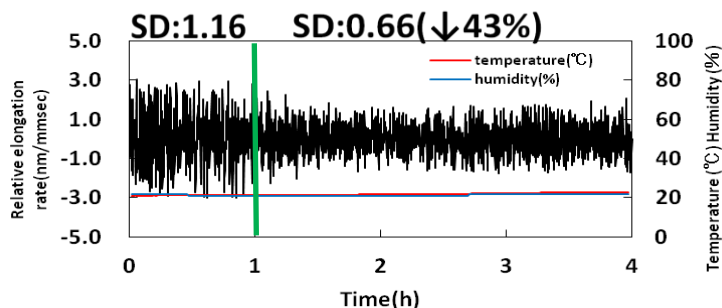
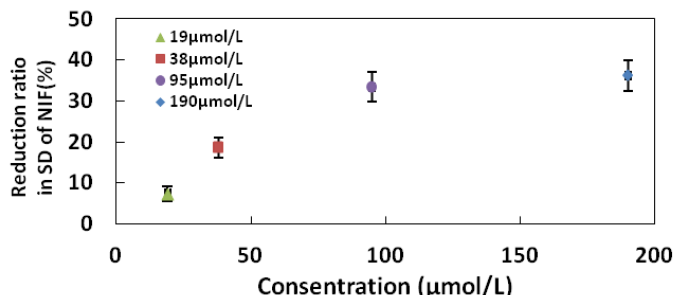
Fig.2 Relative elongation rate of Chinese chives leaf (ABA:190 $\mu\text{mol/L}$)

Fig.3 Reduction ratio in SD of NIF of Chinese chives leaf

が高くなっている。

3. まとめ

統計干渉計測装置を用い、アブシシン酸をニラの根投与した際の極短時間成長の計測を行った。その結果、アブシシン酸の濃度の増加とともに NIF の標準偏差の減少率が高くなったが、このことは、気孔の開閉により蒸散量が低下しそれに伴い組織内の水分の移動が影響を受けたのであると考えることができるこのことはアクアポリン阻害実験の結果を考慮すると、細胞レベルのミクロなレベルからマクロなスケールでの水分移動が同時に関与していることを示唆している。

- 1) A.P. Rathnayakea, et.al Environmental and Experimental Botany 64, pp.314-321(2008).
- 2) Kobayashi K, Kadono H., Appl. Opt. 49, pp.6333-6339(2010).
- 3) Thilakarathne B.L.S. et al., Proc. Opt. Within Life Science 2012, p.97(2012)
- 4) 志村和樹, 他, 2010年春期第57回応用物理学関係連合講演会, 17a-ZB