偏光 OCT による植物塩害の定量的測定

Quantitative measurement of plant salt damage by polarized OCT

千葉大 [1] ○(M1)安田 博哉 [1], 椎名 達雄 [1]

Chiba Univ. [1], ○Hiroya Yasuda[1], Tatsuo Shiina[1]

E-mail: axsa5180@chiba-u.jp

はじめに

植物の損壊や病気は表面だけでなく内部にも構造変化として現れる[1]。特に土壌塩濃度の高まりや、潮風による塩害は植物に深刻な被害を与える。従来の塩害調査では、植物の解剖など破壊的な方法を用いる。そこで Optical coherence tomography(OCT)を用いることにより、非破壊で生育状況下の植物塩害を計測し、内部構造の経時変化を計測することを考えた。

また非破壊で行う植物の測定として、直線偏光による細胞構造の評価が報告されている[2]。本研究では、偏光を利用した OCT を用いることで、塩害による葉内部の細胞壁破壊の評価を行えると考えた。

本研究では、偏光特性を評価できる OCT を開発し、塩害に耐性をもつヒメツルアズキの葉の塩濃度の引加による内部構造の経時変化および、偏光特性の評価を行うことを目的として研究を行っている。

原理

本研究で用いた実験装置を Fig.1 に示す。装置は、波長 1325nm、スペクトル幅 53nm、出力 1.5mW の SLD を使用し、回転を利用した参照光学系からの光と計測深度 3mm、深度分解能 7μm の測定光学系からの反射光との干渉信号を取得する。

測定は、ヒメツルアズキの葉脈に沿って葉柄から 3mm 間隔の三か所に対して、それぞれ葉脈とは垂直に走査を行う。得られた断層像について平均 10 点の柵状組織(Fig.2)の厚さおよび信号強度比、構造変化で評価を行った。

また本研究では、偏光特性の評価を行うためにプローブ先端にワイヤーグリッドを利用した高透過率の偏光子を取り付けることで、光源の p,s 成分を計測した。偏光子を回転させ任意の偏光面で測定できる。

結果と考察

ヒメツルアズキに対して 1 週間ごとに 50mM ずつ塩濃度を増加させ、塩を加えないものと葉の断層像の比較を行った。Fig.2 に、深度 600μm×水平方向 5000μm を OCT で断層計測した画像を示す。厚さ評価では、14 日目の加塩の葉が 11μm の増加、無塩の葉が 2μm の減少となった。加塩の葉では、柵状組織に強度が強くなっている箇所(Fig.2(b))が存在しており、海綿状組織では、細胞破壊により層が厚くなっている。

次に偏光による細胞構造を評価するため偏光プローブを用いて正常な葉の偏光特性を調べた。光源の偏光面を葉脈方向と平行な面を p 偏光と設定した。Fig.3 は、OCT で得られた葉の表面側からの深度距離と干渉強度を p,s 偏光ごとにあらわしている。表皮層から得られた信号強度には変化がないことに対して、柵状組織および海綿状組織では p 偏光の方が s 偏光より強度が強くなっている。細胞配列もしくは、細胞構造に由来したことが考えられ、塩害による細胞破壊が生じることで、偏光特性に変化があらわれる。

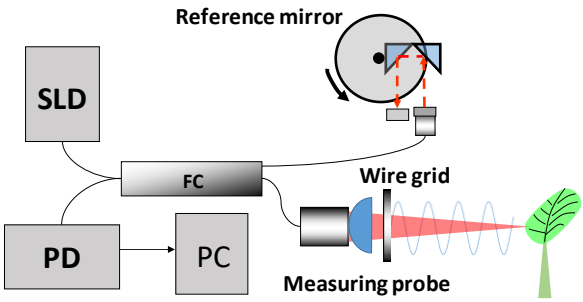

Fig.1 The experiment setup of OCT.

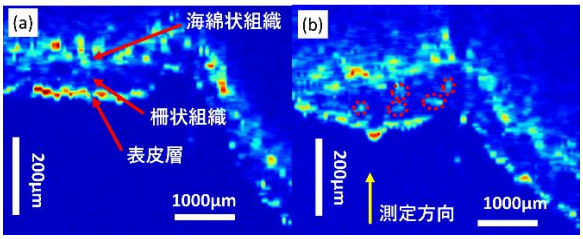

Fig.2 Tomographic image of Salt injuries (a:0mM, b: 100 mM).

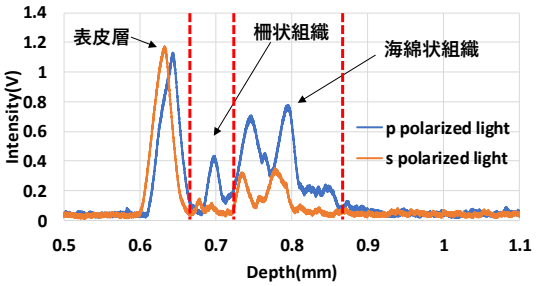

Fig.3 Interference intensity of leaves by polarized light.

参考文献

[1]Naresh Kumar Ravichandran, et al., “In Vivo Monitoring on Growth and Spread of Gray Leaf Spot Disease in Capsicum annuum Leaf Using Spectral Domain Optical Coherence Tomography”, Journal of Spectroscopy, Volume 2016(4), p.1-6,(2015)

[2]Bruce W. Fitch, et al., “Polarization of light reflected from grain crops during the heading growth stage”, Remote Sensing of Environment, Volume 15, p. 263-268,(1984)

© 2019年 応用物理学会