

イメージングライダーによる栽培植物の酸性雨診断 Diagnostics of Acid-Rain for Cultivated Plants by an imaging LIDAR

内海通弘、井上和哉、山口大志、矢野史也、園田貴之
M. Uchiumi, K. Inoue, T. Yamaguchi, F. Yano and T. Sonoda

有明工業高等専門学校 電子情報工学科
Ariake National College of Technology

Abstract

The imaging LIDAR is one of the methods for measuring the revitalization degree of some kind of plant. The technique is based on the LIF, Laser-induced Fluorescence method and LIDAR, light detection and ranging. It is known that the chlorophyll fluorescence shows a linear correlation to the chlorophyll concentration. Applying this method, we investigated the influence of the acid rain to cultivated plants. For this time, the imaging LIDAR demonstrate more definitely the activity of the plants than a digital camera observation.

1. はじめに

酸性雨は化石燃料の燃焼により SO_x (硫黄酸化物), NO_x (窒素酸化物)及びそれらが雨滴に溶けた硫酸イオンや硝酸イオンが発生し、酸性雨として地上に降り注いでいる。酸性雨は森林生態系や土壌などに直接的に、もしくは間接的に影響を与え、被害を与えている。この酸性雨被害が目視できる程度の可視障害を確認できる頃にはすでに植物は深刻な状態になっていることが多い。もし、酸性雨による植物への被害を事前に察知できるならば、深刻な状態になる以前に何らかの対応ができる可能性がある。

2. 3 ペア方式植物イメージング法

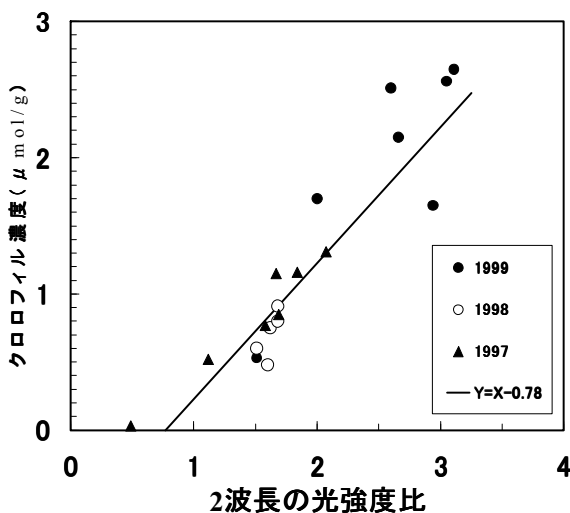


図 1 光強度比(740nm/685nm)とクロロフィル濃度の相関[5]

植物内で光合成を行う部分は葉緑体の中のクロロフィル(葉緑素)である。このクロロフィルの量は光合成の活発さと密接に関係している。クロロフィル濃度と2波長の蛍光の光強度比には、図1のよう

に高い相関性があることが知られている[2]。これにより、植物の光強度比(740nm/685nm)を測定することでクロロフィル濃度を測定できることになり、光合成の活発さを知ることができる。つまり、740nm/685nmの光強度比を測定して、その値が高ければクロロフィル濃度が高く、植物の活性度が高いことが示されるのである。この方法を用いて植物の活性度を判別することが可能である

植物の葉身や茎には、フェルラ酸と呼ばれるフェニルプロパノイド関連化合物が含まれており、植物成長物質としての活性を持つ。フェルラ酸は葉肉や表皮などの様々な組織の細胞壁に含まれており、青い蛍光を発する。また、細胞成長と細胞壁中のフェルラ酸含有量と光強度比(460nm/685nm)には相関があることがわかっており[1]、フェルラ酸の量は、成長速度が低下し始める頃に著しく増加することが報告されている[3]。すなわち、フェルラ酸の増加が、細胞の伸長成長能力の低下をもたらすことに関係があると考えられる。

これらより、干渉フィルタを利用して光強度比(460nm/685nm)を測定することで、フェルラ酸含有量を間接的に測定できる。これを画像で解析することで植物の成長低下度を視覚的に判別することが可能である。

植物の水分ストレスによる LIF スペクトルは 530nm 付近にピークを持つことが報告されており、光強度比(530nm/685nm)は水ストレスに関係する。全体が緑色の元気な植物を基準とすると、植物が枯れる以前では 530nm 付近の相対強度が増加し、完全に枯れた状態では減少する特徴を持つ[4]。つまり、植物が枯れる以前と後には 530nm 付近のスペクトル成分に差が見られる。よって、このピークは植物の生育状態または枯死状態に関する情報を含んでいる。

3. 実験方法

図 2 に本研究で使用するモニタリングシステムを示す。レーザには波長 426nm による OPO レーザを使用する。植物は凸レンズで広げられたレーザにより蛍光を発生する。その蛍光を ICCD カメラで取得する。ICCD カメラには干渉フィルタを順次取替えを行う。カメラに入力する。ICCD カメラに装着する干渉フィルタは、中心波長が 460nm, 530nm, 685nm, 740nm のもので、ともに半値全幅 10nm 透過率 50% のものである。また植物に照射するレーザ強度は約 10[mJ/cm²] として実験を行っている。画像は HiPic (Version 6.3) というソフトウェアによって、画像解析を行う。

この実験においては、対象植物をレタスの 1 種であるサンチュとする。実際に酸性雨を用いることは困難である為、擬似酸性雨として硫酸水溶液を用いる。この硫酸水溶液を pH2.0, pH2.5, pH3.0, pH3.5, pH4.0, pH4.5, pH5.0, pH5.5 の計 8 つの酸性度に

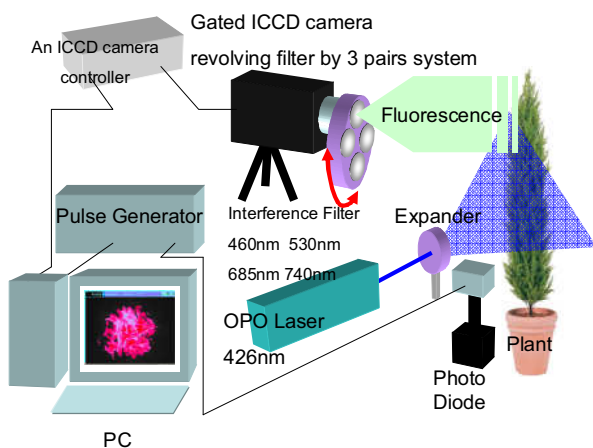


図 2 モニタリングシステム

分け、水道水(pH7.5)と全く水を遣らない個体も含めて計 10 個体の植物に、日曜を除く月曜日～土曜日に毎日それぞれ 50ml 与え、3 ペア方式によりそれぞれ画像解析を行い、約 7 週間の活性度、成長低下度、水ストレス度の画像について実験日数と酸性度の関係について検証を行う。

4 実験結果

pH2.0, pH3.0, pH4.0, pH5.0, 水遣り無しの 5 種類の酸性度の植物とその個体の実験開始から 2, 12, 22, 42, 48 日の 740nm/685nm の解析を行い、植物活性度を表す画像を図 3 に示す。酸性度が高いほど実験開始から早い段階で活性度の低下が始まり、酸性度が低いほど活性度の低下し始める日数が徐々に遅れている。

図 3 と同様の個体の植物において、460nm/685nm で解析を行い、成長低下度を表すことができる。酸性度が高いほど実験開始から早い段階で成長低下度の上昇が始まり、酸性度が低いほど成長低下度が送られて上昇が徐々に遅れている。水遣り無しは急激な成長低下を見せた。

図 3 と同様の個体を用いて水ストレス度判別を行った。酸性度が高いほど実験開始から早い段階で水ストレス度の上昇が始まり、酸性度が低いほど水ストレス度の上昇し始める日数が徐々に遅れている。

5 まとめ

LIF 法を用いた 3 つの光強度比(740nm/685nm, 530nm/685nm, 460nm/685nm)を用いた 3 ペア方式によって植物の状態を詳しく判別することができる。これにより、サンチュに対し遣り水の有無による個体と擬似酸性雨(pH2.0, pH2.5, pH3.0, pH3.5, pH4.0, pH4.5, pH5.0, pH5.5)の計 10 個体の植物の酸性雨被害を 3 ペア方式によって検証した。これにより、植物を 2 次元画像で視覚的に見ることができ、植物を非破壊で何の化学的処理を施すことなく短時間で植物の有用な情報を得ることができた。

参考文献

- [1]. 小林一樹, 金原和哉, 小林史利, 大谷武史, 斉藤保典, 2009 年 9 月第 27 回レーザセンシングシンポジウム予稿集.148-149
- [2]. 原口力也, 栗原康仁朗, 小林史利, 川原琢也, 野村彰夫, 斉藤保典, 2001 年 11 月 第 21 回レーザセンシングシンポジウム予稿集.138-139
- [3]. 神阪 盛一郎: “細胞壁中の多糖: フェルラ酸複合体の構造と機能”, 植物の化学調節, 24,2,pp.82-93 (1989).
- [4]. 加納光益, 斉藤保典, 川原琢也, 野村彰夫, 宮ヶ原太郎, 宮崎敏孝, 山寺喜成, 1997 年 7 月第 18 回レーザセンシングシンポジウム予稿集.35-36
- [5]. I.Nouchi and K.Kobayashi: J.Agric.Meteorol.51 (1995) 11

pH2.0 pH3.0 pH4.0



図 3 植物活性度上から 12, 22, 42, 48 日後