

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：12102  
 研究種目：挑戦的萌芽研究  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23658024  
 研究課題名（和文） 小型MRIによるニホンナシ萎縮症の早期診断技術の確立  
 研究課題名（英文） Presumptive diagnosis of dwarfed Japanese pear by using a mobile magnetic resonance imaging system  
 研究代表者：弦間 洋（GEMMA HIROSHI）  
 筑波大学・生命環境系・教授  
 研究者番号：70094406

研究成果の概要（和文）：ニホンナシで多発している萎縮症について、圃場レベルで移動可能な小型MRI装置による‘幸水’症状発生樹の画像資料の入手とともに、生体情報としてSF-8 サンプフローメータで樹液流動及び水ポテンシャルの日変化をプレッシャーチャンバー法で計測した。その結果、MRIパラメータとして算出したT1・ADC・プロトン密度画像から、明らかに重度の萎縮症枝では、健全枝に劣る水分環境にあることが分かった。また、ADC値の変化は‘幸水’枝内の水分生理が変化することとよく一致し、夜間は低位( $2 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ )であるが、6:00以降上昇して12:00には $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$  となった。ステージ別の樹液流についてみると枝葉の伸長時期には軽度の萎縮症発生枝と健全枝間に差異は認められないが、発芽期～リン片脱落期～展葉期には萎縮症枝で低位であり、水分通導機能の支障が示唆された。このような成果から、非破壊画像が入手できる小型モバイルMRIは、萎縮症発生の早期予測技術として有用できると思われる。

研究成果の概要（英文）： This study was carried out to focus upon the water relation of branches of Japanese pear with the dwarfed symptom by using the novel mobile MRI (magnetic resonance imaging) system incorporated with the measurement of sap flow, water potential, root activity and so forth. As a marker of MRI, T1, T2, and proton density in the cross sections of the sound and diseased branches, show clearly the high density of mobile water protons around the xylem located close to the external surface of the branches. In the ADC maps, the diseased branch has no definite high ADC area while the sound branch clearly shows. This difference clearly shows that the water transport function is degraded or destroyed in the diseased branch. A diurnal change of ADC in the branch corresponds clearly the water transport in the pear tree branch which shown in the real sap flow pattern in a whole day. The sap flow shows remarkably lower value in the diseased branch from sprouting until leafing stage than sound branch, but comparable value over leafing stage. From these results, a mobile MRI system will be an available tool of the presumptive diagnosis for dwarf Japanese pear using non destructive measurement.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：果樹生産利用学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：ナシ, 萎縮症, MRI, 非破壊計測, 生体情報

### 1. 研究開始当初の背景

果樹産業においては、幼木期・成木期・老木期間わらず樹体を健全に管理し、果実を安定的に生産できる樹勢・樹相を維持することが肝要である。しかし、近年は花芽や果実の発育不良に留まらず、樹体そのものの生育不良が認められている。わけてもニホンナシで多発する「萎縮症」は、垂主枝単位で発生する



ことが多く、開花・展葉時に葉が萎縮症状を示すが、症状が軽微な場合、展葉の進みとともに症状が達観によって認められなくなる。

一方、症状が進むと枝葉の生育が不良となり、果実生産も低下する現象である。そのため、症状の早期発見と対策技術の確立が望まれていた。

### 2. 研究の目的

代謝物質の濃度分布や、分子の運動状態などを反映した画像が得られるMRI技術が果樹の樹相診断技術に応用できれば、「萎縮症」対策に多大な貢献になると思われる。本研究は開発途上の小型屋外型MRI装置を用いて、萎縮症発生樹・健全樹から画像資料を入手して、早期樹相診断技術確立を目指そうとするものである。

### 3. 研究の方法

1) 筑波大学農林技術センター植栽ニホンナシ成木‘幸水’萎縮症発生樹及び健全樹を用いて、小型屋外型MRIにより、枝内の水動態について非破壊的に計測して、MRIパラメータの $^1\text{H}$ の横緩和時間( $T_2$ :transverse relaxation time)及びみかけの拡散係数画像(apparent diffusion coefficient map: ADC map)を入手する。

2) これらの資料とサップフロー計測値やクロロフィル蛍光値、通導組織の機能と乾物生産・転流の実態とが一致するかを検証する。すなわち、‘幸水’ニホンナシ成木の萎縮症発生樹と健全樹の垂主枝分岐部をターゲット部位に選定し、休眠期・萌芽期・展葉前期・展葉後期・新梢の伸長期・養分転換期・伸長停止期に枝内の水分動態について精査する。



MRI コンソールの概観

3) MRI コンソールは、Windows-PC・RF 送受信ユニット・RF 力増幅器・3チャンネル勾配磁場電源を屋外走行可能な車輪を装備したラックに挿入し、電動台車に牽引させる仕様としている。使用した永久磁石は、静磁場強度 0.3T・ギャップ幅 80mm・静磁場均一領域 30mm・重量 60kg の U字型永久磁石磁気回路である。勾配磁場コイルは、平行四線型( $G_x$ ,  $G_y$ )と Maxwell pair 型( $G_z$ )のコイル (10 ターン) である。

4) 一方、萎縮症発生枝上の葉のクロロフィル蛍光値や、サップフローメータで計測予定の萎縮症発生枝内水流速値、同枝葉の伸長等と傾向が一致するかを検討する。

### 4. 研究成果

症状の重い萎縮症発生枝の画像 (7月中旬)

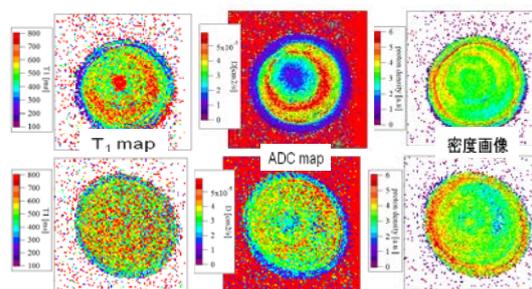


図1. ‘幸水’健全枝 (上) と萎縮症枝 (下) のMRI画像 (7月中旬観察)

から、MRIパラメータとして算出した $T_1$ ・ADC・プロトン密度は、明らかに健全枝に劣る水分環境にあることが分かった。すなわち、 $T_1$ 緩和時間が600ms以上の動的水分プロトン分布が健全枝で認められ、高ADC値域も多く観察できた(図1)。

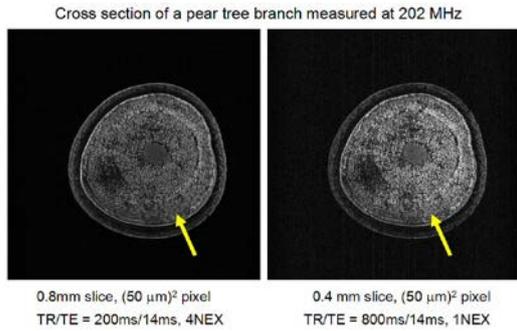


図2. 萎縮症枝のMR マイクロスコピー画像(3月中旬)

3月中旬に撮影したMR マイクロスコピー(採取後実験室内で超電導磁石を用いた)像でも萎縮症発生枝の水の通導性(ADC計測による)の検証ができるので、早期診断に向けての活用が期待できる(図2)。

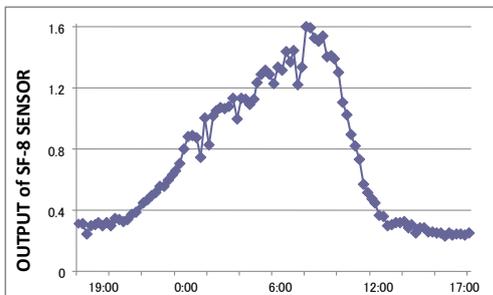


図3. '幸水'枝の樹液流の日変化

枝内の樹液流の日変化は図3のように夜間から徐々に上昇し、昼間には最大となり午後にかけて急激に下降した。一方、'幸水'枝内の水分生理変化(図4)をMRIパラメータのひとつであるADC値の変化についてみると、夜間は低位( $2 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ )であるが、6:00以降には上昇して12:00には  $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$  となった。樹液流は求頂的・求基的な流れが相殺されるため、ADC値の変化と多少のずれが生じているが、概ね変化のパターンは一致していた。

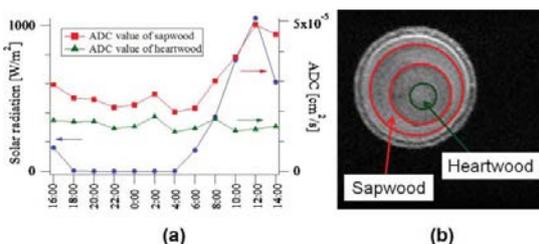


図4. 枝内のADC値の日変化(a)と枝の断面(b)

表1. ステージ別旧年生枝樹液流速値\*

	健全枝	萎縮症枝
発芽期	1.58	0.88
展葉期	1.45	1.00
枝葉伸長期	1.59	1.60

\*センサー読み取り値(相対値)で表示

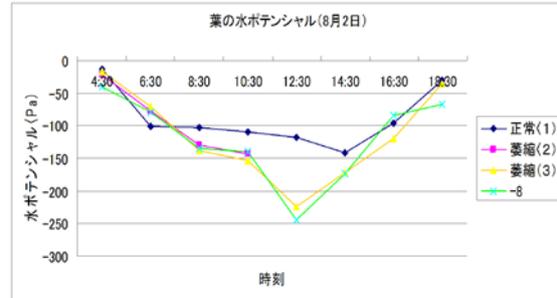


図5. '幸水'樹の葉の水ポテンシャル

萎縮症発生枝の樹液流は、枝葉伸長期には健全枝とに差異が認められないが、発芽期～リン片脱落期～展葉期には低位であり、水分通導機能に支障を生じることが示唆された(表)。

葉の水ポテンシャルは重度の萎縮症発生枝では、図5のように差異が認められるが、軽度の萎縮症発生枝ではほとんど差異がなく、また、根系の呼吸活性の計測結果から、重度の萎縮症発生樹は、酸素取り込み量やMTTテストの結果から、健全樹野それに劣ることが認められた。従って、萎縮症の進行が進めば根系活性や葉の水ポテンシャル等の生体情報からも診断が可能であるが、早期診断については適応が難しいと思われた。

以上から、枝内の水の通導機能低下が萎縮症枝の特徴であり、樹液流動測定値とも一致することが判明した。今後、高精度に検出できるステージの検討等が必要であるが、根系活性や葉の水ポテンシャル測定による情報収集に比べて非破壊画像が入手できる小型モバイルMRIは、萎縮症発生の早期予測技術として有用できると思われる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

Kimura, T., Geya, Y., Terada, Y., Kose, K., Haishi, T., Gemma, H. and Sekozawa, Y.  
Development of a mobile magnetic resonance imaging system for outdoor tree measurements. Review of Scientific

Instruments、査読有、82巻、2011、  
05370、DOI:10.1063/1.3589854

〔学会発表〕(計1件)

弦間 洋・坂田麻衣・木村武史・瀬古澤由彦・  
菅谷純子・巨瀬勝美、小型モバイルMRIによる  
ニホンナシ萎縮症の早期診断、園芸学会、  
福井県立大学、2012年09月23日～24日

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

弦間 洋 (GEMMA HIROSHI)

筑波大学・生命環境系・教授

研究者番号：70094406

### (2)研究分担者

瀬古澤由彦 (SEKOZAWA YOSHIHIKO)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：90361310

巨瀬勝美 (KOSE KATSUMI)

筑波大学・数理物質系・教授

研究者番号：60186690