

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：17201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K15077

研究課題名(和文) 光伝送によって地上部から根へ到達した遠赤色光が微生物共生を促進する可能性

研究課題名(英文) Effect of Far-red light reached from shoots to roots on the establishment of arbuscular mycorrhizal symbiosis

研究代表者

鈴木 章弘 (Suzuki, Akihiro)

佐賀大学・農学部・教授

研究者番号：50305108

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：「植物体中を通して地上部から根へ到達した遠赤色光(FR)が菌根菌の菌糸分岐を誘導し共生を促進する」という仮説を証明するための実験を行なった。初めに、地上部から根へ伝わる光をミニ分光器で検出した。その結果、700-940nmの波長が根へ効率良く到達していることを確認した。次にFRを菌根菌へ直接照射して、菌根菌の応答を観察したところ、darkと比較しては0.1  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$ のFRによって菌糸の分岐が促進されることを確認した。さらに根と菌根菌間の物質の往来を遮断した状態でFRの影響を調査したところ、FRを照射するとその根の周辺の菌根菌の菌糸分岐が誘導されることを確認した。

研究成果の概要(英文)：Spectral distribution of the light emitted from the root of soybean irradiated with sunlight was measured using mini spectroscope C10083CA (Hamamatsu Photonics). Investigation of the spectral properties of the conducted light made it clear that only the spectral region between 700 nm and 940 nm was the most efficiently conducted. Branching of hyphae was enhanced by the direct irradiation of FR at 0.1  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  to the spores. Moreover, effect of FR irradiation to the shoots on the branching of hyphae located near the roots was investigated. FR enhanced hyphal branching even though with block the material trafficking between the roots and AM fungi. These results support the working hypothesis.

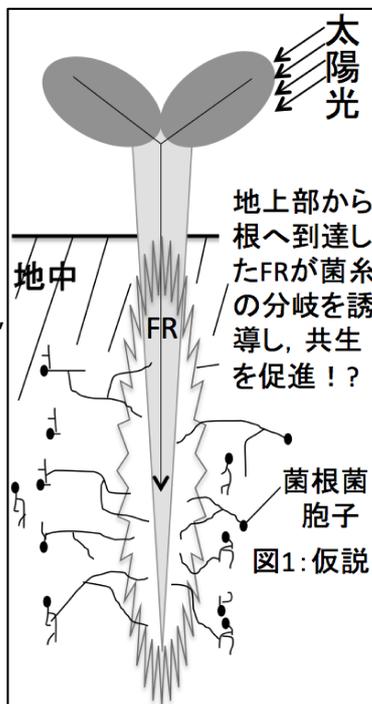
研究分野：作物生態生理学

キーワード：光伝送 根 アーバスキュラー菌根菌 遠赤色光 共生 ダイズ 孢子 菌糸

### 1. 研究開始当初の背景

申請者らは、高等植物と微生物の共生が光の量だけではなく質（色）によっても制御されていることを世界に先駆けて報告した。すなわち、根粒菌や菌根菌の宿主植物への感染は R/FR 比受容反応であり、宿主植物は避陰反応（植物が他の植物の陰に入った時に茎を伸ばして日向へ逃げようとする反応）が起きるような光合成に不利な条件下では、微生物との共生を積極的に抑制している。これを受けて「太陽光照射下で FR を補光すれば菌根菌共生が抑制される」という作業仮説を立てて調査したところ、予想に反して菌根菌の感染は促進された。また、いくつかの草本植物では、地上部へ照射された太陽光のうち FR が植物内を

通って根へ到達すると報告されている。さらに菌根菌の孢子へ FR を直接照射したところ、無処理の場合と比較して菌糸の分岐が促進された（菌糸分岐の誘導は感染を促進する）。そしてこれらから「光伝送によって地上部から根へ到達した FR が菌根菌の菌糸分岐を誘導し共生を促進する」という仮説（図 1）を立てた。



### 2. 研究の目的

いくつかの草本植物では地上部へ照射された太陽光のうち遠赤色光（FR）が植物内を通過して根へ到達すると報告されているが（1）、申請者らはダイズと菌根菌の共生系において、太陽光に加えて FR を補光すると、菌根菌の感染率が有意に高くなることを見出した（R/FR 1.0, R は赤色光）。そこで本研究では「光伝送によって地上部から根へ到達した FR が菌根菌の菌糸分岐を誘導し共生を促進する。」という仮説（図 1）を立て、次の 3 つの小課題を遂行することでそれを証明する。

小課題 1 )ダイズの地上部へ照射された FR が光伝送によって根へ到達することの確認

小課題 2 )菌根菌の菌糸分岐が誘導される FR の照射条件の検討

小課題 3 )根へ到達した FR によって菌糸分岐が誘導されることの証明

### 3. 研究の方法

#### 小課題 1

土壌へ移植したダイズの根へ向けて光センサーを埋設して地上部へ太陽光や様々な波長の光を照射し、根から放射される光スペクトルを測定する。これによってダイズでも短い波長の光は植物体内で減衰するが FR は光伝送によって根まで到達することを示す。

#### 小課題 2

今までの菌根菌の発芽試験において、暗黒下よりも  $5 \mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  の FR 照射下の方が孢子から伸びた菌糸の分岐数が有意に多くなるという結果を得ている。そこでこの小課題では根へ到達すると見積られる  $1.5 \mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  以下の光量子束密度で FR を照射した場合でも、菌根菌の菌糸の分岐が促進されることを確認する。

#### 小課題 3

ダイズの地上部へ R または R+FR を照射する際に、根と菌根菌孢子間の物質の往来をガラスで完全に遮断して、光だけが透過する条件で菌根菌の菌糸分岐を観察し、FR を含む光の場合に分岐が促進されることを示す。

### 4. 研究成果

#### 小課題 1

光ファイバーの末端をダイズ芽生えの地下部へ密着させ、他の末端を浜松ホトニクス社製のミニ分光器 C10083CA へ接続して、根から放射される光のスペクトルを測

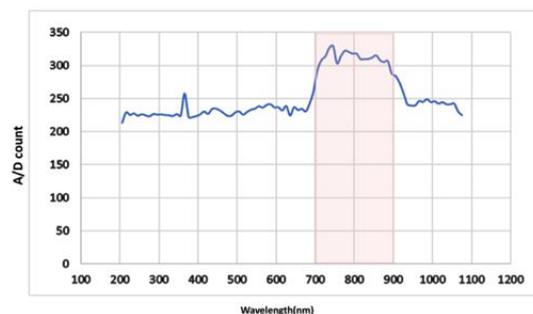


図 2 :ダイズの地上部から根へ到達した光のスペクトル分布

定した。晴天時に測定した結果を図2に示す。予想通り、地上部へ照射された光は、700 から 940 nm の波長が効率良く根まで到達し、さらに根から放射されていることが明らかになった。この小課題については、根から放射されている光の絶対量を計算し、LED 等の人工光でも上記の波長が効率よく伝達されていることを示す必要がある。

### 小課題2

今までの菌根菌の発芽試験において 暗黒下よりも 5  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  の FR 照射下の方が孢子から伸びた菌糸の分岐数が有意に多くなるという結果を得ている。そこでこの小課題では 0.1  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  の光量子束密度で FR を照射した場合でも、菌根菌の菌糸の成長が誘導されるかどうか確認した。その結果、図3に示すように、暗黒下と比較して 0.1  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  の FR を照射した方が、菌根菌の奉仕の分岐が有意に増加することが明らかになった。この結果は、根から放射された FR が根の周りに存在する菌根菌の菌糸分岐を誘導するという仮説をサポートする結果であると判断できる。

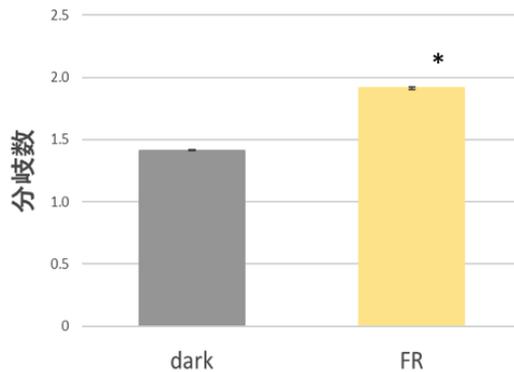


図3：0.1  $\mu\text{mole}/\text{m}^2/\text{s}$  の FR を照射した時の菌根菌の分岐数 エラーバーは SE, \*は dark との間有意差 ( $p < 0.05$ ) があることを示す。Dark;  $n = 256$ , FR;  $n = 243$

### 小課題3

ダイズの地上部へ R または R+FR を照射する際に、根と菌根菌孢子間の物質の往来を食品用ラップフィルムで完全に遮断して、光だけが透過する条件で菌根菌の菌糸成長を調査した。その結果(図4),  $p = 0.073$  ではあったが分岐数に関しては R 単独照射よりも R + FR の方が分岐数が増加する傾向にあった。ラップフィルムは物質の往来を完全に遮断できていない可能性が考えられるため、同じ材質で dark と透明の2種類のフィルムを用いて同様の実験を現在行

っているところである。

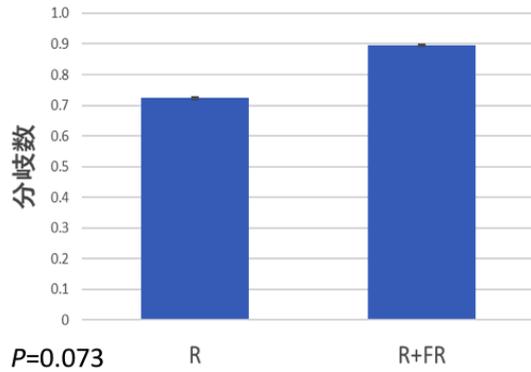


図4：根と菌根菌間の物質の往来を遮断した状態で地上部へ R または R+FR を照射した時の菌根菌の分岐数, R;  $n = 285$ , R+FR;  $n = 309$

以上3つの小課題から得られた結果は、「光伝送によって地上部から根へ到達した FR が菌根菌の菌糸分岐を誘導し共生を促進する」という仮説を支持していると考察できる。

### 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 2 件)

A. Shimomura, A. Naka, N. Miyazaki, S. Moriuchi, S. Arima, S. Sato, H. Hirakawa, M. Hayashi, M. Maskit, A. M. Hirsch and A. Suzuki (2017) Blue light does not inhibit nodulation in *Sesbania rostrata*. *Plant Signaling & Behavior*, 12, 1-3.

A. Shimomura, A. Naka, N. Miyazaki, S. Moriuchi, S. Arima, S. Sato, H. Hirakawa, M. Hayashi, M. Maskit, A. M. Hirsch and A. Suzuki (2016) Blue light perception by both roots and Rhizobia inhibits nodule formation in *Lotus japonicus*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 29, 786-796.

〔学会発表〕(計 1 件)

鈴木章弘, 宮本太郎, 山下葉月, 下村彩, 有馬進, 光伝送によって地上部から根へ到達した, 日本動物学会九州支部九州沖縄植物学会日本生態学会九州地区三学会

合同鹿児島大会 2016, 2016 年 5 月 28  
日～2016 年 5 月 29 日, 鹿児島

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://extwww.cc.saga-u.ac.jp/~azuki/top.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 章弘 (SUZUKI, AKIHIRO)

佐賀大学・農学部・教授

研究者番号：50305108

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

### (4) 研究協力者

( )