

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18719

研究課題名(和文) 根圏呼吸の定量化を目指して：樹木細根－菌根菌間相互作用の実態と機能解明

研究課題名(英文) Relationship between root respiration and mycorrhizae associations

研究代表者

牧田 直樹 (Makita, Naoki)

信州大学・学術研究院理学系・助教

研究者番号：40723086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、樹木細根 菌根菌相互作用の実態と機能を解明するため、細根生理特性に影響を及ぼす菌根菌の探索と根圏呼吸の野外観測を行った。菌根菌の感染の有無は、根呼吸速度を変化させ、炭素交換機能を高めることが明らかとなった。また菌根菌の感染は、根の形態特性を変化させ、資源獲得に最適な形態を形成させることが示された。さらに感染の率は、それらの影響の度合いを左右するということがまた示唆された。以上より、菌根菌との相利共生は、樹木の生理機能を高める重要な役割を担っており、森林の炭素フロンを評価する上でも、必要不可欠な要素であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Mycorrhizal fungi can play important in regulation of plant metabolism, but less is known about how the differences of mycorrhizal species and their colonization determine the variation of physiological and morphological traits of roots. Here, we measured respiration rate of one lateral root segment and specific root length with different fungus species. Root respiration was positively correlated with mycorrhizal colonization across fungus species. Relationships between physiology and morphology have significant correlations and link with fungus species characteristics and their colonization. These results indicated that the changes of physiological and morphological traits of roots could associate with fungus species and their colonization.

研究分野：森林科学

キーワード：森林 細根 呼吸 菌根菌

### 1. 研究開始当初の背景

菌根菌は、土壤中に張り巡らした菌糸からのリンや窒素等の供給や、土壤中の毒性物質の吸収阻止、病原菌の感染阻止など、菌根菌が植物の生育に与える影響は大きい。近年、樹木と菌根菌の共生関係における物質交換機構は、培養や接種など室内実験の結果に基づいて解明されてきている。しかし、野外において、菌根共生が樹木細根の生理特性及び根圏呼吸(根と菌根菌からの呼吸)に及ぼす影響については、一定の結論を得られていない。

### 2. 研究の目的

本研究は、森林における細根 菌根菌共生の機能解明から根圏呼吸の定量評価を目的とし以下の3点に注目して研究を進める:

- 1) 森林で生育する樹木細根系の根端には、何種類の菌根菌種が共生しているのか?
- 2) 樹木細根系の生理特性および根圏呼吸速度は、菌根菌種の多様性と関係するのか?
- 3) 根圏呼吸と菌根菌群集の関連性は、樹種内・間によってどの程度の類似性・相似性をもつのか?

### 3. 研究の方法

本研究は、樹木細根 菌根菌相互作用の実態と機能を解明するため、細根生理特性に影響を及ぼす菌根菌の探索と根圏呼吸の野外観測を行った。また根長・乾燥重量を測定し、比根長(SRL:  $\text{m g}^{-1}$ )をもとめた。

### 4. 研究成果

菌根菌の感染の有無は、根呼吸速度を変化させ、炭素交換機能を高めることが明らかとなった。また菌根菌の感染は、根の形態特性を変化させ、資源獲得に最適な形態を形成させることが示された。さらに感染の率は、それらの影響の度合いを左右するということもまた示唆された。以上より、菌根菌との相利共生は、樹木の生理機能を高める重要な役割を担っており、これらの知見は、国内にとどまらず国際的にも森林の炭素の流れをより精度高く評価することに貢献できると期待している。

今後の展望として、より多くの樹種における細根 - 菌根菌の関連性を精査し、樹種内及び樹種間の特徴を明らかとする。それらの結果を用いて、栄養資源獲得戦略および地下部炭素動態の樹種特異性を評価したいと考える。

### 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 12件)

Tsuruta J, Okumura M, Makita N, Kosugi Y, Miyama T, Kume T, Tohno S. A comparison of the biogenic volatile organic compound emissions from the fine roots of 15 tree species in Japan and Taiwan. *Journal of Forest Research*, 2018 (査読有)  
DOI: 10.1080/13416979.2018.1483129

Makita N, Kosugi Y, Sakabe A, Kanazawa A, Ohkubo S, Tani M. Seasonal and diurnal patterns of soil respiration in an evergreen coniferous forest: Evidence from six years of observation with automatic chambers. *PLoS ONE* 13: e0192622, 2018 (査読有)  
DOI: 10.1371/journal.pone.0192622

Palviainen M, Berninger F, Bruckman V, Köster K, Assumpção MCR, Aaltonen H, Makita N, Mishra A, Kulmala L, Adamczyk B, Zhou X, Heinonsalo J, Köster E, Pumpanen J. Effects of biochar on carbon and nitrogen fluxes in boreal forest soil. *Plant and Soil*. 425: 71-85. 2018 (査読有)  
DOI: 10.1007/s11104-018-3568-y

Miyatani K, Tanikawa T, Makita N, Hirano Y. Relationships between specific root length and respiration rate of fine roots across stands and seasons in *Chamaecyparis obtusa*. *Plant Soil*. 423:215-227. 2018 (査読有)  
DOI: 10.1007/s11104-017-3499-z

Ueyama M, Tahara N, Nagano H, Makita N, Iwata H, Harazono Y. Leaf- and ecosystem-scale photosynthetic parameters for the overstory and understory of boreal forests in interior Alaska. *Journal of Agricultural Meteorology*, 74: 79-86. 2018 (査読有)  
DOI: 10.2480/agrmet.D-17-00031

Freschet GT, Valverde-Barrantes OJ, Tucker CM, Craine JM, McCormack ML, Violle C, Fort F, Blackwood CB, Urban-Mead KRU, Iversen CM, Bonis A, Comas LH, Cornelissen JHC, Dong M, Guo D, Hobbie SE, Holdaway RJ, Kembel SW, Makita N, Onipchenko VG, Picon-Cochard C, Reich PB, De la Riva EG, Smith SW, Soudzilovskaia NA, Tjoelker M, Wardle DA, Roumet C. Climate, soil and plant functional types as drivers of global fine-root trait variation. *Journal of Ecology*. 105:1182-1196. 2017 (査読有)  
DOI: 10.1111/1365-2745.12769

Hirano Y, Tanikawa T, Makita N. Biomass and morphology of fine roots in eight *Cryptomeria japonica* stands in soils with different acid-buffering capacities. *Forest Ecology and Management*. 384: 122–131. 2017 (査読有)  
DOI: 10.1016/j.foreco.2016.10.043

Makita N, Pumpanen J, Köster K, Berninger F. Changes in very fine root respiration and morphology with time since last fire in a boreal forest. *Plant and Soil*. 402:303-316. 2016 (査読有)  
DOI: 10.1007/s11104-016-2801-9

Fujii S., Makita N., Mori AS., Takeda H. Plant species control and soil faunal involvement in the processes of above- and below-ground litter decomposition. *Oikos* 125: 883–892. 2016 (査読有)  
DOI: 10.1111/oik.02457

Ohashi M, Nakano A, Hirano Y, Noguchi K, Ikeno H, Fukae R, Yamase K, Makita N, Finér L. Applicability of the net sheet method for estimating fine root production in forest ecosystems. *Trees* 30: 571-578. 2016 (査読有)  
DOI: 10.1007/s00468-015-1308-y

Miyatani K., Mizusawa Y., Okada K., Tanikawa T., Makita N., Hirano Y. Fine root traits in *Chamaecyparis obtusa* forest soils with different acid buffering capacities. *Trees* 30: 415-429. 2016 (査読有)  
DOI: 10.1007/s00468-015-1291-3

Fujii S., Makita N., Mori AS., Takeda H. A stronger coordination of litter decomposability between leaves and fine roots for woody species in a warmer region. *Trees* 30: 395-404. 2016 (査読有)  
DOI: 10.1007/s00468-015-1221-4

[学会発表](計 40件)

Makita N, Kosugi Y, Sakabe A, Kanazawa A, Ohkubo S, Tani M. Seasonal and diurnal patterns of soil respiration in an evergreen coniferous forest: Evidence from six years of observation with automatic chambers. The 8 th East Asian Federation of Ecological Societies. 2018

牧田直樹. あなたとわたしの樹木根研究の発展のために~データベースとの付き合い方~. 第 129 回日本森林学会大会. 2018

Makita N. Short-term N fertilization effects on roots with contrasting life span; comparing root sizes in a cool-temperate forest. Japan-Finland Joint Seminar on Biogeochemical Cycles Forest Ecosystems. 2017

牧田直樹. 森林生態系における根圏炭素放出. 大気-森林-土壌循環ワークショップ. 2017

牧田直樹, Heljä-Sisko Helmisaari. フィンランド亜寒帯林における細根特性の樹種特異性. 第 46 回根研究集会. 2017

牧田直樹, 中路達郎, 片山歩美, 高木理恵, 日浦勉. 大規模窒素施肥が樹木細根の現存量及び生産量に与える影響の解明. 第 128 回日本森林学会全国大会見島 2017

牧田直樹, 杉山暁史, 鈴木史郎, 谷川東子. 樹木根を介した植物-土壌フィードバックの解明~根滲出物の樹種特異性を探る~. 生存圏ミッションシンポジウム. 2017

牧田直樹, Jussi Heinonsalo, Jukka Pumpanen, Jaana Leppälampi-Kujansuu, Heljä-Sisko Helmisaari. フィンランド亜寒帯林における細根と菌根菌の機能的な関わり. 第 127 回日本森林学会. 2016

Kume T, Ohashi M, Makita N, Kho LK, Katayama A, Matsumoto K. Applicability of optical scanner method for fine root dynamics. EGU General Assembly 2016. 2016

Katayama A, Kho LK, Kume T, Makita N, Matsumoto K, Ohashi M. Estimate of fine root production including the impact of decomposed roots in a Bornean tropical rainforest. EGU General Assembly 2016. 2016

Ohashi M, Makita N, Katayama A, Kume T, Kho LK. Characteristic of root decomposition in a tropical rainforest in Sarawak, Malaysia. EGU General Assembly 2016. 2016.

Ide J, Ohashi M, Köster K, Berninger F, Miura I, Makita N, Yamase K, Pumpanen J. Changes in the quality of dissolved organic matter in soil water with time since last fire in a boreal forest. EGU General Assembly 2016. 2016

Makita N, Pumpanen J, Köster K, Berninger F. Changes in very fine root respiration and morphology with time since last fire in a boreal forest. 2016

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/rootecologylab/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

牧田 直樹 ( MAKITA, Naoki )

信州大学・学術研究院理学系・助教

研究者番号： 40723086