

ISSN 0919-2182

Vol.19, No.4

Root

Research

Japanese Society for Root Research

目次

【巻頭言】

会員の皆様へ	141
根の研究を楽しみたい 犬飼義明	142

【原著論文】

シロイヌナズナ由来アクリアポリンAtPIP1;2遺伝子が導入された 西洋ミヤコグサFSL-PIP-#4の解析 氷室泰代・田中秀典・橋口正嗣・山重りえ・ 島尻恭香・明石良	143
---	-----

【報告】

農研機構シンポジウム「麦・大豆栽培における湿害の現実と研究展開 －水田高度利用に向けた耐湿性の生理・遺伝研究－」の概要紹介 川口健太郎	151
---	-----

第33回根研究集会に参加して 服部林太郎	153
-------------------------------	-----

第33回根研究集会発表要旨	154
---------------------	-----

【情報】

第34回根研究集会のご案内	194
---------------------	-----

カレンダー	196
-------------	-----

「苅住」海外渡航支援のご案内	198
----------------------	-----

国際誌 Plant Root への投稿のご案内	199
-------------------------------	-----

最新樹木根系図説申込書	200
-------------------	-----

根の研究19巻総目次	201
------------------	-----

根の研究
根研究会(JSRR)

会員の皆様へ



告示

○所在地の変更と業務委託について

2011年1月1日より、当研究会の日常業務を共立印刷株式会社に委託することにしました(事務局長は、今年度と同様に阿部が務め業務を監督します)。あわせて、研究会の所在地を2010年度までの東京大学農学部から、東京都中央区の新共立ビルに変更します。新住所・電話番号等は、このページの末尾の事務局連絡先をご覧下さい。

事務局からのお知らせ

1. 会費納入のお願い

会費の納入状況は、この会誌をお送りした際の宛名ラベルの紙に記載してあります。

2011年度の会費の納入をお願いいたします。本号に郵便振替の用紙が同封されています。請求書等の書類をご希望の方は、事務局(neken2011@jsrr.jp)までお知らせ下さい。2009年・2010年の会費を未納の方は、2011年分と併せて納入をお願いします。ご不明の点は、遠慮なく事務局までご連絡ください。

・郵便振替口座(本号に振替用紙が同封されています)

口座名義(加入者名):根研究会、口座番号:00100-4-655313

銀行等からの振り込み・インターネットバンキングの場合は

銀行名:ゆうちょ銀行、支店名:○一九支店(ゼロイチキュウシテン)、口座の種類:当座、

口座番号:655313、口座名義:根研究会(ネケンキュウカイ)

(公費払いなどで、会員名と異なる名義で送金の場合は、電子メール等でご一報下さい)

・年会費:個人3,000円、団体8,000円 [年度は1月-12月です・2011年もこれまでと同額です]

当研究会の財政状況(一般会計)は、単年でみると赤字の状況です。会費の未納が増えると、その分、赤字が拡大します。運営費の節約には努めていますが、会誌発行などの活発な活動を維持するのに必要な財源ですし、会費を値上げしないで済むように、会員各位の会費納入へのご協力をお願い致します。

2. 研究集会の予定

・第34回根研究集会 [本号に開催案内を掲載]

佐賀大学農学部 2011年5月14日(土) 実行委員長:有馬進会員

・第35回根研究集会と創立20周年記念式典シンポジウム

東京大学農学部 2011年11月5日(土) 6日(日) 実行委員長:森田茂紀会員

3. 研究会創立20周年企画

当研究会は、2011年末で創立から満20周年となります。2011年11月5日(土)-6日(日)に東京大学農学部弥生講堂にて、20周年記念の式典・シンポジウム(仮題「アジアの風」)を行なうほか、出版などの企画を立案中です。会員の皆様には、企画の提案、実行委員としての参加をよろしくお願ひ致します。

4. 2010年度の根研究会賞の授賞報告

前号でご報告した学術功労賞(野口享太郎会員)、学術奨励賞(宇賀優作会員)、学術特別賞(Ivano Brunner博士)の授賞式と受賞記念講演を第33回根研究集会(11月13日、姫路市)にて執り行いました。

5. 根研究会若手会員に対する「奨励」海外渡航費等支援

応募時40歳までの会員を対象とする渡航支援は、2011年4月末〆切(同年7月-12月または2012年1月-6月の渡航)を募集中です(2012年渡航分は、次回の2011年10月末〆切での応募もできます)。

なお、2010年10月末〆切分については、応募がありませんでした。

根研究会事務局 (2011年1月1日より)

〒104-0033 東京都中央区新川2-22-4 新共立ビル2F 共立印刷株式会社内 根研究会事務局

TEL:03-3551-9891/FAX:03-3553-2047 E-mail: neken2011@jsrr.jp

会誌に関する連絡先 『根の研究』: editor2011@jsrr.jp 『Plant Root』: editor2011@plantroot.org

ウェブサイト 根研究会: <http://www.jsrr.jp/> 『根の研究』: <http://root.jsrr.jp/> 『Plant Root』 <http://www.plantroot.org/>

根の研究を楽しみたい

名古屋大学大学院生命農学研究科 大飼義明
(「根の研究」編集委員)

早いもので、2010 年も残りわずかとなりました。2000 年問題（年号を 2 衍で管理しているコンピュータが西暦 2000 年を 1900 年と誤認してしまい、処理を続行できなくなる問題のこと（IT 用語辞典より））が騒がれ、D 論のデータが消えてなくなってしまったならどうしよう....と心配していたあの頃からあっという間に 10 年が経つてしまいました。そんな今年は、私の研究者人生にとって“節目”の年でしたので、この場をお借りして今年を振り返ってみたいと思います。

1. なんと、とうとう今年を最後に“若手研究者”という称号を剥奪されます（あくまで科研費申請の年齢制限を基準としたものですが....）。つまり、これからは“若手”的特権を享受できなくなるとともに、自分は若手だと言い張る根拠も無くなってしまいました....。
2. 日本育種学会において「根型育種をめざした研究の現状と今後の課題」と題するシンポジウムを、根研究会会員である東北大の佐藤雅志先生・生物研の宇賀優作博士とともに主催しました。講演者には、ともに根研究会会长であった東大の森田茂紀先生・名大の山内 章先生を含む総勢 11 名の根研究会会員の名が連なり、根型育種に市民権を与え、かつ育種の本来の姿、栽培現場で役立つことを考える重要性を示す貴重な機会となりました。
3. 私が過去に直接ご指導頂きました、名古屋大学名誉教授の河野恭廣先生、佐賀大学名誉教授の芝山秀次郎先生がお亡くなりになりました。ともに根研究会を支えて下さった先生方でした。現在、私は両先生が研究対象とされていましたイネの側根の発生機構を研究しています。奇しくも、次回の根研究会は私が非常勤研究員時代に芝山先生にご指導頂いた佐賀大学で開催されます。先生方の名を汚さぬよう、立派な発表ができるよう努力するとともに、今後の根の研究者人生を楽しんでいきたいと思います。

シロイヌナズナ由来アクアポリン *AtPIP1;2* 遺伝子が導入された西洋ミヤコグサ FSL-PIP-#4 の解析

氷室泰代¹⁾・田中秀典²⁾・橋口正嗣²⁾・山重りえ³⁾島尻恭香³⁾・明石良^{2*})

- 1) 宮崎大学大学院農学工学総合研究科
 2) 宮崎大学フロンティア科学実験総合センター
 3) 宮崎大学大学院農学研究科

要旨：我々は、西洋ミヤコグサ由来の新規な培養根であるスーパールート (Super growing roots; SR) を用いて、シロイヌナズナ遺伝子由来の完全長 cDNA をランダムに導入し、強発現させることで新規な遺伝子の同定・探索を行う FOX ハンティングシステム (full-length cDNA over-expressor gene hunting system) を試みている。これまでに、本システムにより 154 系統の FOX 導入形質転換体 (FOX-SR ライン; FSL) が得られている。本研究は、アクアポリン遺伝子 *AtPIP1;2* が導入された FSL-PIP-#4 について調査した。その結果、*in vitro* で培養した FSL-PIP-#4 の根は、SR よりも多くの側根を形成したが、全体的に細く、新鮮重も低いものであった。また、順化した FSL-PIP-#4 の植物体における草丈は、SR よりも有意に高かったものの、茎数が少なく、地上部乾物重も低い値を示した。さらに、FSL-PIP-#4 の根量は極めて少なく、根乾物重は SR の約 40% であり、根粒形成数も SR に比べて少なかった。しかし、地上部乾物重の根乾物重に対する比率は、FSL-PIP-#4 の方が SR よりも有意に高かった。このことは、これまでの *AtPIP1;2* 遺伝子を強発現させたタバコにおける結果と同様であり、*AtPIP1;2* 遺伝子が植物における水輸送を司る遺伝子であることが示唆された。

キーワード：アクアポリン、*AtPIP1;2* 遺伝子、スーパールート、FOX ハンティングシステム

Characteristics of FSL-PIP-#4 as overexpressed by *Arabidopsis thaliana* plasma membrane aquaporin gene, *AtPIP1;2* : Yasuyo HIMURO (Interdisciplinary Graduate School of Agriculture and Engineering, University of Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan), Hidenori TANAKA, Masatsugu HASHIGUCHI (Frontier Science Research Center, University of Miyazaki), Rie YAMASHIGE, Yasuka SHIMAJIRI (Graduate School of Agriculture, University of Miyazaki) and Ryo AKASHI (Frontier Science Research Center, University of Miyazaki)

Abstract: For systematic functional analysis of genes, we attempted the application of the full-length cDNA over-expressor gene-hunting system (FOX-hunting system) to super growing roots (SR) of legume species *Lotus corniculatus*. In recent years, we generated 154 transgenic SR lines that overexpressed by *Arabidopsis* FL-cDNAs (FOX-SR lines; FSL). In this study, we investigated the functional analysis of FSL-PIP-#4, which was expressed by aquaporin gene (*AtPIP1;2*) of transgenic plant. Although lateral rooting of FSL-PIP-#4 was increased *in vitro*, the root was overall thinner and the fresh weight was also lower than that of the SR. The shoot length of acclimatized FSL-PIP-#4 was significantly higher than that of the SR, whereas the number of stem in transgenic plant was reduced by half of the SR. Moreover, the amount of root in acclimatized FSL-PIP-#4 was less than the SR and the dry weight was approximately 40% of the SR. The root nodulation rate of FSL-PIP-#4 was also lower compared with that of the SR. However, FSL-PIP-#4 exhibited a significantly higher shoot/root dry weight ratio than the SR. The data obtained by this study were similar to the results already obtained by the transgenic tobacco overexpressing *AtPIP1;2* and suggested that aquaporin (*AtPIP1;2*) plays an important role in plant water transport.

Keywords: aquaporin, *AtPIP1;2*, FOX hunting system, super growing roots

緒論

近年のゲノムサイエンスの進歩により、シロイヌナズナを始め、様々な植物におけるゲノムの全塩基配列が明らかになった。これに伴い、それらの塩基配列上に予測される遺伝子の機能を総合的に解析することが求められている。従来のEMS変異やトランスポゾンを用いた機能欠損型の遺伝子機能探索法は、遺伝子をノックダウンすることでその機能を予測することができる。しかしながら、植物の形態形成に関する遺伝子など、ゲノム中には機能の重複した遺伝子が多く存在しており、一つの遺伝子機能を欠失させても表現型にわずかな違いしか観られない場合も多くある。そのため、現在では、アクチベーションタギング法など機能獲得型の遺伝子機能探索法が広く用いられている。

Ichikawaら(2006)は、シロイヌナズナやイネなどのゲノム情報が豊富なモデル植物において、機能獲得型の遺伝子機能探索法のひとつとしてFOXハンティングシステム(full-length cDNA over-expressor gene hunting system)を開発している。本法は、植物の完全長cDNAをランダムに導入し、プロモーター存在下で強発現させることにより、新規な遺伝子の機能を同定するとともに、有用な遺伝子の探索を行う高速遺伝子機能探索技術である(Fujita et al., 2007; Nakamura et al., 2007; Kondou et al., 2009)。

一方、スーパールート(Super growing roots; SR)は、ミヤコグサの近縁種である西洋ミヤコグサ(*Lotus corniculatus*; 2n=4x=24)由来の根培養系から見い出され、その根が植物ホルモン非存在下で無限に生長し、また、根端からプロトプラストが容易に単離でき、植物体の再分化が可能である等の特徴を有している(Akashi et al., 1998; 2000; 2003)。このことから、SRは植物の根の分化および成長に関する研究やそれらの遺伝子機能を解析する上で重要な材料である(Tanaka et al., 2008)。我々は、これまでSRを用いて、シロイヌナズナ由来の完全長cDNAをランダムに導入し、有用遺伝子の同定・探索を行うFOXハンティングシステムの確立とその形質転換体の作出を試みた(Himuro et al., 投稿中)。その結果、これまでに本システムにより154個体のFOX導入形質転換体(FOX-SRライン; FSL)を得ることができた。これらの形質転換体のうち、FSL-PIP-#4はシロイヌナズナの膜タンパク質であるアクアポリン遺伝子(*AtPIP1;2*)を保持しており、この遺伝子は、植物の原形質膜における水分子の透過に関与していることが報告されている(Kaldenhoff et al., 1998)。

本研究は、FSL-PIP-#4における諸特性について調査したので報告する。

材料および方法

1. 供試材料と培養条件

SRは、20mL ホルモン無添加のMS液体培地(Murashige and Skoog, 1962)を含む三角フラスコで、2週間毎の継代培養を行い、約12年間維持しているものである(Figure 1a)。

2. 形質転換および植物体再分化

SRの形質転換は、シロイヌナズナの完全長cDNAからなるアグロバクテリアライブラリー(Ichikawa et al., 2006)を用いて、Tanaka et al.(2008)の方法に準じて行った。外植片には、植物ホルモン無添加1/2 MS寒天培地で4週間生育させたSR由来再分化植物体の葉を用いた(Figure 1b)。葉外植片は両端(約2mm)を切除し、菌懸濁液に30分間浸漬した後、7日間の共存培養を行った。その後、葉切片は滅菌水で洗浄し、選抜培地で継代を重ねることで形質転換カルスを選抜した。形質転換カルスは、0.5mg/L NAAおよび5mg/Lハイグロマイシンを添加したMS液体培地へ移し、27°C暗所で100rpmの旋回培養することにより根を誘導した。誘導された根は、0.5mg/L BAPを添加したMS培地に置床し、植物体を再分化させた。再分化したショートは、発根を促すため1/2 MS寒天培地へ移植し、完全な植物体に成長させた。

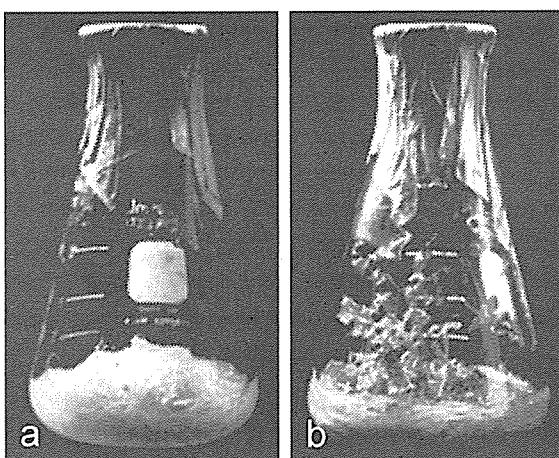


Figure 1

Plant regeneration from SR. (a) SR displaying the typical root density at the end of a subculture period. (b) Shoots, formed at wound sites of SR, grow vigorously when placed on a lighted shelf. (Akashi et al. Theor. Appl. Genet. 96: 758-764. 1998)

3. 形質転換体におけるDNA抽出、PCR分析およびシークエンス解析

得られた形質転換体の葉は、導入した *hpt* 遺伝子およびシロイヌナズナ由来完全長 cDNA を確認するために、植物 DNA 抽出キット ISOPLANT (Wako, Osaka, Japan) を用いてゲノム DNA を抽出し、鑄型 DNA として PCR 反応に用いた。*hpt* 遺伝子の検出用プライマーは 5' 末端部の塩基配列 (5'-AAGCCTGAACTCACCCG GACG-3') および 3' 末端部の相補配列 (5'-AA GACCAATGCGGAGCATATA-3') であり、PCR 反応は、94°Cを 5 分の後、94°Cで 40 秒の熱変性、60°Cで 50 秒のアニーリング、72°Cで 1 分の伸長反応を 28 サイクル反復し、4°Cで保存の条件で行った (Cho *et al.*, 1998)。一方、シロイヌナズナ由来完全長 cDNA の検出用プライマーは 5' 末端部の塩基配列 (5'-GATCGTATTACACAA TTACCAAAC-3') および 3' 末端部の相補配列 (5'-GGATTCAATCTTAAGAAACTTATTGC-3') であり、PCR 反応は、95°Cを 8 分の後、94°Cで 30 秒の熱変性、62°Cで 30 秒のアニーリング、72°Cで 2 分の伸長反応を 40 サイクル反復した後、72°Cを 7 分、4°Cで保存の条件で行った (Kondou *et al.*, 2009)。反応終了後、增幅産物の一部は 1% アガロースゲルで電気泳動を行い、導入遺伝子の確認を行った。

PCR によって得られた完全長 cDNA の増幅断片は、TOPO TA Cloning Kit (Invitrogen, Tokyo, Japan) でクローニングした後、3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems) によりシークエンス解析を行った。シークエンス反応は、プライマー M13 (5'-GTAAAACGACGGCCAG-3' および 5'-CAGGAAACAGCTATGAGAC-3') および Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) を用いて、96°Cを 1 分の後、96°Cで 10 秒の熱変性、50°Cで 5 秒のアニーリング、60°Cで 4 分の伸長反応を 25 サイクル反復し、4°Cで保存の条件で行った。その後、得られたシークエンスデータは、シロイヌナズナ完全長 cDNA データベース RIKEN Arabidopsis Genome Encyclopedia 上で導入遺伝子の確認を行った。

4. FSL-PIP-#4 における RT-PCR 分析

FSL-PIP-#4 における導入遺伝子は、RT-PCR 法により発現解析を行った。全 RNA は、RNeasy Plant mini kit (QIAGEN, Hilden, Germany) を用いて *AtPIP1;2* 遺伝子導入個体の葉および根から抽出し、Quantitect Reverse Transcription Kit (QIAGEN) により cDNA を合成した後、PCR

反応を行った。PCR 反応は、*AtPIP1;2* 遺伝子の翻訳領域より設計した 1 対のプライマー (5'-TGTGGAGCTGGTGTGGTCAA-3' および 5'-AGCGGTGCTAGAACATAGGAACA-3') を用いて、95°Cで 10 秒の熱変性、60°Cで 5 秒のアニーリング、72°Cで 30 秒の伸長反応を 25 サイクル反復し、4°Cで保存の条件で行った。また、内部標準として西洋ミヤコグサ内在性のアクチン遺伝子 (DDBJ/EMBL/GenBank アクセッション番号 AF308733) を增幅するための一対のプライマー (5'-ACAATGAGTTGCGTGTTGCT-3' および 5'-ACTCACACCACATCACCGGAAT-3') を設計し、同様の反応を行った。それぞれの反応終了後に得られた增幅産物は、1.5%アガロースゲルを用いて、ローディングバッファーとともに 50V で 40 分間電気泳動を行い、それぞれの遺伝子の発現量を比較した。

5. FSL-PIP-#4 における根の成長解析

FSL-PIP-#4 における根の形態を詳しく調べるために、再分化した植物体の根をホルモン無添加 MS 液体培地 10 mL を含む三角フラスコ移し、暗所で 4 週間の旋回培養を行い、1 週間毎の主根長、側根数、新鮮重についてそれぞれ調査した。なお、比較としての非形質転換体には SR を用いて、1 フラスコあたり再分化した植物体の根を 5 本ずつ移し、3 反復の調査を行った。また、順化した形質転換体の根について調査するため、FSL-PIP-#4 はバーミキュライトを含むポットに移植し、27°C、16 時間の明条件下のインキュベーター内で 1 ヶ月間生育させた。その後、1/5,000a ワグネルポットへ鉢上げし、特定網室内で約 3 ヶ月間栽培させ、十分に成長した 3 個体の植物体における草丈、茎の太さ、葉身長および葉幅をそれぞれ測定した。地上部および地下部の乾物重については、採取したサンプルを 70°Cで 72 時間乾燥させた後に計測した。

FSL-PIP-#4 の根粒菌形成能については、*in vitro* 根粒形成法 (Akashi *et al.*, 2003) による根粒菌接種から 1 ヶ月後、5 個体の植物体を調査し、1 個体あたりの根に着生した根粒数の平均値を算出した。なお、同様の調査は 3 反復行った。

結果および考察

1. FOX-SR ラインの獲得と導入遺伝子の発現解析

本システムによる 65 回の形質転換実験の結果、合計 163 個の形質転換カルスを得ることができた。その後、形質転換カルスから植物体を再分化させたところ、154 個体の形質転換体 (FSL) を得ることができた。その後、全ての

FSLはPCR分析およびシークエンス解析を行い、また、得られたシークエンスデータは、シロイヌナズナ完全長cDNAデータベース上で導入遺伝子の確認を行った。その結果、154個体のFSLのうち1個体が、シロイヌナズナの膜タンパク質であるアクアポリンをコードしている水チャネル遺伝子を保持していることが確認できた。これまでに、シロイヌナズナで確認されたアクアポリンは、13種がPIP、10種がTIP、9種がNIP、3種がSIPにそれぞれ属しており、本実験で確認されたアクアポリン遺伝子は、原形質膜型アクアポリン(PIP)に属する*AtPIP1;2*遺伝子であった。また、この形質転換体における導入遺伝子の発現を調べるためにRT-PCR分析を行ったところ、*AtPIP1;2*遺伝子は形質転換体の葉および根の両方で強く発現していることが判明した (Figure 2)。

2. FSL-PIP-#4における生育および形態的特性

形質転換体(FSL-PIP-#4)における根の形態的特性を観察するために、*in vitro*条件下で培養した根の主根長、側根数および新鮮重について経時的に調査した (Figure 3)。FSL-PIP-#4の主根は、培養開始から21日目頃までSRよりも成長が遅く、培養28日目には同程度にまで成長した。一方、側根数は、培養14日目頃からFSL-PIP-#4の方が急激に増加し、培養28日目にはSRの約1.4倍であった。しかしながら、新鮮重は、培養14日目頃まで両者とも同程度であったが、培養28日目のFSL-PIP-#4においてはSRの70%程度の増加量であった。また、培養28日目のFSL-PIP-#4の根は、SRに比べて全体的に細くなっていたことから、その新鮮重が低くなっているものと考えられた (Figure 4)。

次に、馴化後3ヶ月後の植物体における草丈、茎の太さ、葉身長、葉幅、地上部および地下部の乾物重について調査したところ、茎の太さ、

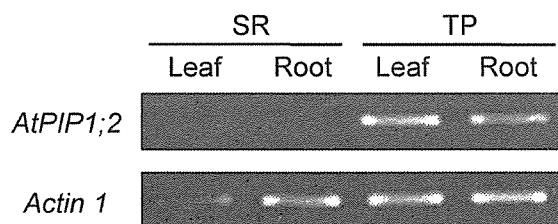


Figure 2

Expression analysis of transgenes by semi-quantitative RT-PCR in SR and transgenic plant (TP). Upper panels represent the expression levels of introduced *AtPIP1;2* gene. Lower panels indicate those of *Actin 1* gene used as internal controls for normalization.

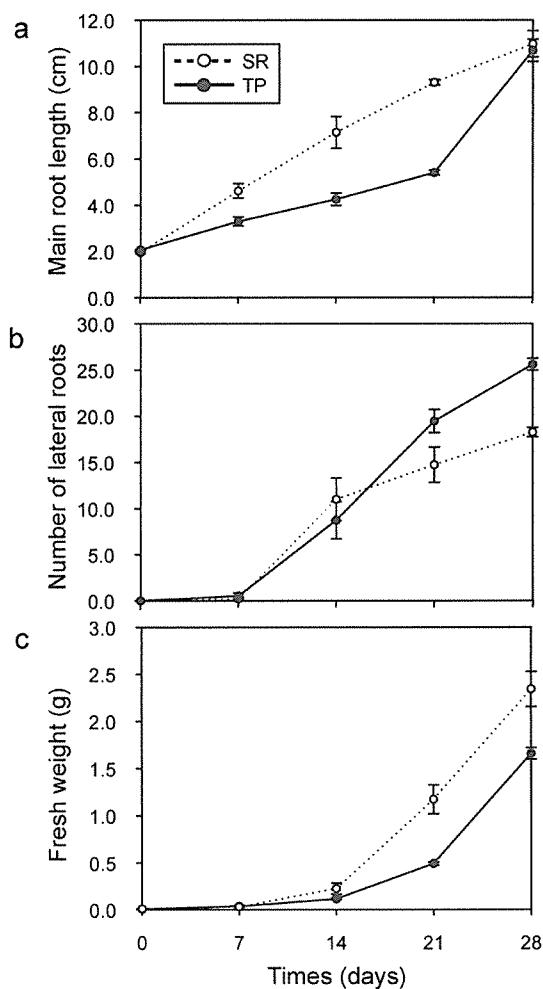


Figure 3

Chronological transition of various growth characteristics of SR and transgenic plant (TP) *in vitro*.

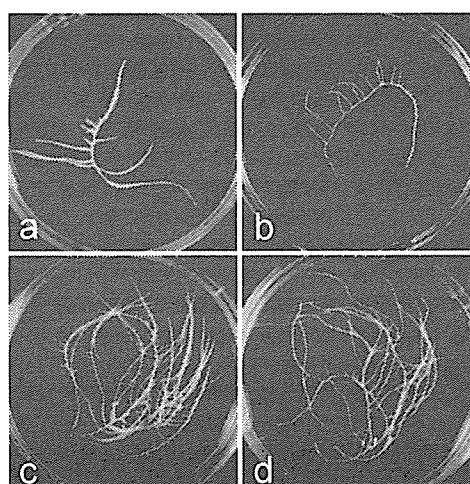


Figure 4

Root growth of SR and transgenic plant *in vitro*. (a, b) Roots after 2 weeks of the culture (a, SR; b, transgenic SR). (c, d) Roots after 4 weeks of the culture (c, SR; d, transgenic SR).

葉身長および葉幅については有意な差異は認められなかったが、草丈については FSL-PIP-#4 の方が SR よりも高い傾向 ($p<0.05$) を示した (Figure 5)。しかしながら、FSL-PIP-#4 は SR よりも茎数が少なく (Figure 6a and b), 地上部の乾物重も低い値 ($p<0.01$) であった (Figure 7A)。また、FSL-PIP-#4 の根は SR に比べて極端に細く (Figure 6c), その乾物重も低いものであり

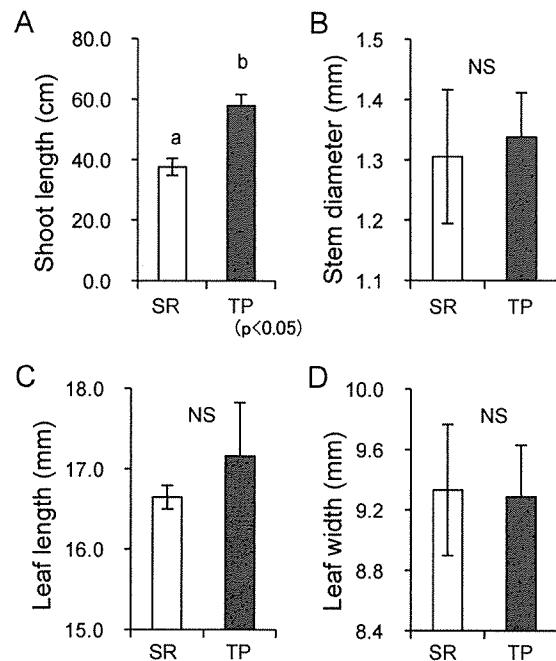


Figure 5
Comparison of morphology after 3 months of acclimatization in shoot of SR and transgenic plant (TP).
($p<0.01$) (Figure 7B), 培養での結果と同様で

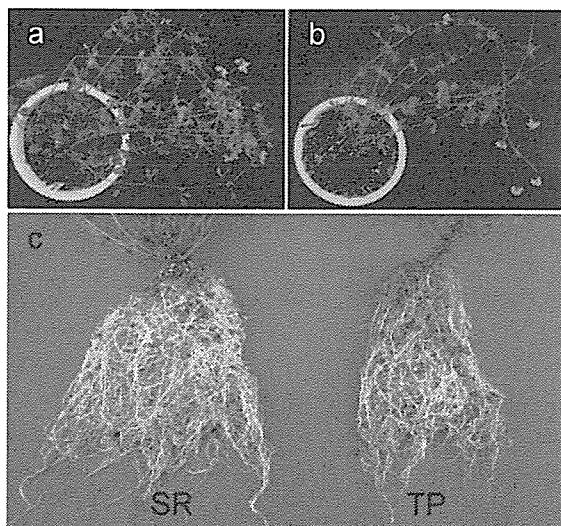


Figure 6
Plant morphology after 3 months of acclimatization in SR and transgenic plant (TP). (a, b) Morphology of shoot (a, SR; b, TP). (c) Morphology of root.

あった。一方、地上部乾物重の根乾物重に対する比率は、FSL-PIP-#4 の方が SR よりも有意に高いものであった ($p<0.05$) (Figure 7C)。

さらに、FSL-PIP-#4 における根粒形成能を確認するために、*in vitro* での根粒の着生を試みたところ、根粒菌接種後 1 ヶ月後に FSL-PIP-#4 と SR のどちらの根においても根粒の形成が認

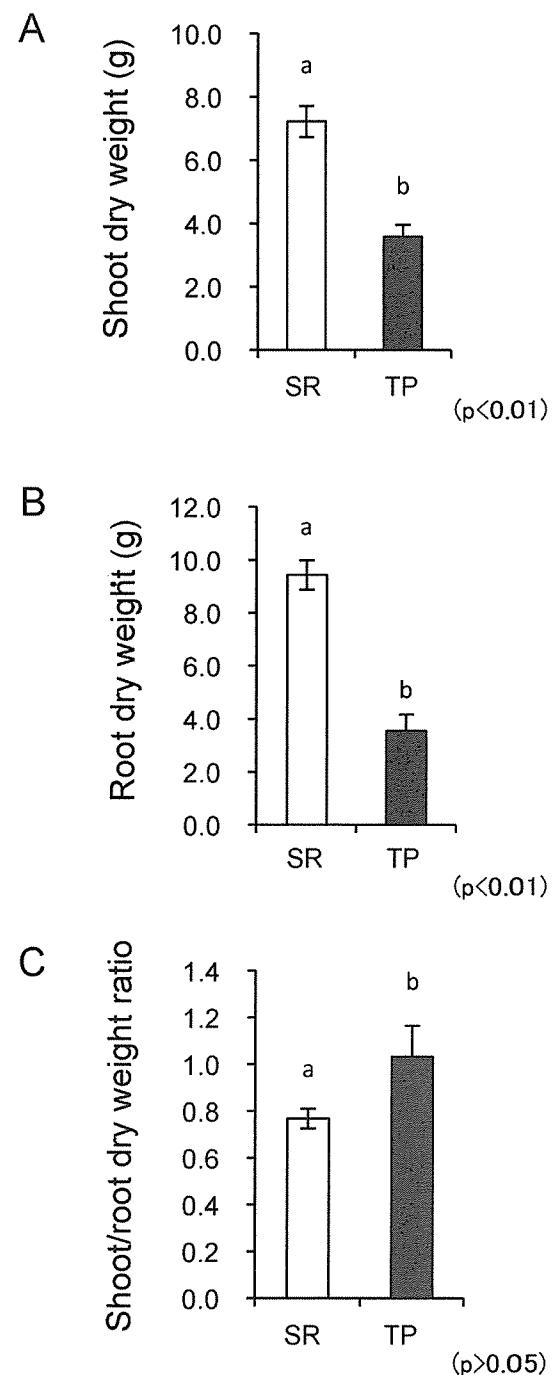


Figure 7
Comparison of shoot dry weight, root dry weight and shoot/root dry weight ratio after 3 months of acclimatization in SR and transgenic plant (TP).

められた。しかしながら、FSL-PIP-#4 の根粒数は少なく ($p<0.01$)、その数は SR の約半分であった (Figure 8)。

本研究は、シロイヌナズナ由来完全長 cDNA を用いた FOX ハンティングシステムにより作出した 154 系統の FOX 導入形質転換体のうち、シロイヌナズナ由来のアクアポリン遺伝子 *AtPIP1;2* が導入された形質転換体における導入遺伝子の発現およびその特性について調査した。

アクアポリンは膜内外の浸透圧差を利用して水分子を特異的に透過させることができる膜タンパク質である。生体膜を構成する脂質二重膜は、受動拡散により水を透過させているが、アクアポリンが存在すると、その透過性は数十倍になることが知られている (Clarkson *et al.*, 2000; 且原, 2004)。本研究において、*in vitro* 条件下で培養した FSL-PIP-#4 の根は、培養 28 日目には SR と同程度の伸長を示したもの、SR よりも多くの側根を形成していた。しかしながら、それらの根は極めて細く、新鮮重は SR よりも小さいものであった (Figure 3 and 4)。また、馴化 3 ヶ月後の FSL-PIP-#4 における根は、SR に比べて少なく、その乾物重も有意に低い値を示した ($p<0.01$) (Figure 7B)。一方、FSL-PIP-#4 の草丈および地上部／地下部の乾物重の相対比は、SR と比べて有意に高い値を示した ($p<0.05$) (Figure 5A and 7)。Aharon *et al.* (2003) は、*AtPIP1;2* 遺伝子を強発現させた形質転換タバコにおいて根量が全体的に減少し、草丈および地上部／地下部の乾物重の相対比が増加することを報告している。さらに、

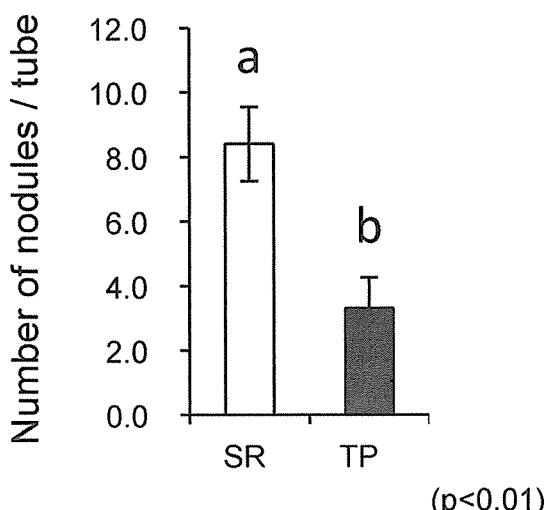


Figure 8
The ability of root nodule formation 1 month after inoculation *in vitro* (TP, transgenic plant).

Kaldenhoff *et al.* (1998) は、シロイヌナズナにおける *AtPIP1;2* 遺伝子のアンチセンス形質転換体では、アクアポリンの減少による水分子透過量の減少を補うために、形質転換体の根が大きくなることを報告している。本研究の結果は、これら 2 つの報告例と一致するものであり、FSL-PIP-#4 は導入遺伝子の強発現により、根の表面積当りのアクアポリンが増加し、小さい根系でも地上部を維持するのに十分な水分を吸収できるようになったために根量が減少したものと考えられ (Figure 6c and 7B)，それに伴って、着生した根粒数も少なくなったものと思われる (Figure 8)。また、FSL-PIP-#4 の地上部乾物重も SR より有意に低い値であったことから (Figure 6a, b, and 7A)，FSL-PIP-#4 の植物体は SR よりも全体的に小さくなる傾向が認められた。

Aharon *et al.* (2003) は、*AtPIP1;2* 遺伝子を強発現させたタバコでは葉の乾物重が増加したことと報告している。しかしながら、このことは本研究の結果と相反するものであった。その理由として、FSL-PIP-#4 の根における着生根粒数は減少して窒素固定能が低下し、地上部の生育が抑制されたことから、葉を含む地上部乾物重が減少したものと考えられる。また、本研究で供試した西洋ミヤコグサと既報のマメ科植物以外のタバコやイネ (Katsuhara *et al.*, 2003) の結果から考察すると、アクアポリン *AtPIP1;2* 遺伝子は、その発現量によって地上部／地下部の乾物重の相対比に影響を及ぼすことができる。一方、FSL-PIP-#4 における根の形態変化は *AtPIP1;2* 遺伝子の単独発現によるものとは考えられないことから、今後はマイクロアレイ分析などの方法により根の形態形成に関与している他の遺伝子についても調査する必要がある。また、様々な環境ストレス条件下において、外来アクアポリン遺伝子の発現は内在のアクアポリン遺伝子発現を制御することも報告されていることから (Jang *et al.*, 2007)，FSL-PIP-#4 における *AtPIP1;2* 遺伝子の発現についても更なる調査が必要である。

以上のことから、アクアポリン *AtPIP1;2* 遺伝子が導入された FSL-PIP-#4 は草丈が高く、茎数や地上部乾物重が少なくなる傾向であり、また、根量および根粒形成数も減少した。しかしながら、FSL-PIP-#4 における地上部／地下部の乾物重の相対比は非形質転換体である SR に比べて有意に高いものであり、*AtPIP1;2* 遺伝子が地上部／地下部の乾物重における相対比に影響を及ぼすものと考えられた。

なお、本研究で供試した FSL-PIP-#4 は、ナショナルバイオリソースプロジェクト (NBRP) ミヤコグサ・ダイズに寄託し、近日中に公開・提供する。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、貴重なベクターの分譲や助言を賜った理化学研究所松井南博士研究グループに心より感謝の意を表す。

引用文献

- 且原真木 2004. 水の吸収と輸送の分子機構：水チャネル研究の新展開. 根の研究会 13: 15-20.
- Aharon, R., Shahak, Y., Wininger, S., Bendov, R., Kapulnik, Y., Galili, G. 2003. Overexpression of a plasma membrane aquaporin in transgenic tobacco improves plant vigor under favorable growth conditions but not under drought or salt stress. Plant Cell 15: 439-447.
- Akashi, R., Hoffmann-Tsay, S.-S., Hoffmann, F. 1998. Selection of a super-growing legume root culture that permits controlled betweencloning and direct embryogenesis. Theor. Appl. Genet. 96: 758-764.
- Akashi, R., Hoffmann-Tsay, S.-S., Hoffmann, F. 2000. Plants from protoplasts isolated from a long-term root culture (Super Root) of *Lotus corniculatus*. J. Plant Physiol. 157: 215-221.
- Akashi, R., Kawano, T., Hashiguchi, M., Kutsuna, Y., Hoffmann-Tsay, S.-S., Hoffmann, F. 2003. Super roots in *Lotus corniculatus*: A unique tissue culture and regeneration system in a legume species. Plant Soil. 255: 27-33.
- Cho, M.J., Jian, W., Lemaux, P.G. 1998. Transformation of recalcitrant barley cultivars through improvement of regenerability and decreased albinism. Plant Sci. 138: 229-224.
- Clarkson, D.T., Carvajal, M., Henzler, T., Waterhouse, R.N., Smyth, A.J., Cooke, D.T., Steudle, E. 2000. Root hydraulic conductance: diurnal aquaporin expression and the effects of nutrient stress. J. Exp. Bot. 51: 61-70.
- Fujita, M., Mizukado, S., Fujita, Y., Ichikawa, T., Nakazawa, M., Seki, M., Matsui, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. 2007. Identification of stress-tolerance-related transcription-factor genes via mini-scale Full-length cDNA Over-eXpressor (FOX) gene hunting system. Biochem. Biophys. Res. Commun. 364: 250-257.
- Ichikawa, T., Nakazawa, M., Kawashima, M., Iizumi, H., Kuroda, H., Kondou, Y., Tsuhara, Y., Suzuki, K., Ishikawa, A., Seki, M., Fujita, M., Motohashi, R., Nagata, N., Takagi, T., Shinozaki, K., Matsui, M. 2006. The FOX hunting system: an alternative gain-of-function gene hunting technique. Plant J. 45: 974-985.
- Jang, J.Y., Rhee, J.Y., Kim, D.G., Chung, G.C., Lee, J.H., Kang, H. 2007. Ectopic expression of a foreign aquaporin disrupts the natural expression patterns of endogenous aquaporin genes and alters plant responses to different stress conditions. Plant Cell Physiol. 48: 1331-1339.
- Kaldenhoff, R., Grote, K., Zhu, J.-J., Zimmerman, U. 1998. Significance of plasmalemma aquaporins for water transport in *Arabidopsis thaliana*. Plant J. 14: 121-128.
- Katsuhara, M., Koshio, K., Shibasaki, M., Hayashi, Y., Hayakawa, T., Kasamo, K. 2003. Over-expression of a barley aquaporin increased the shoot/root ratio and raised salt sensitivity in transgenic rice plants. Plant Cell Physiol. 44: 1378-1383.
- Kondou, Y., Higuchi, M., Takahashi, S., Sakurai, T., Ichikawa, T., Kuroda, H., Yoshizumi, T., Tsumoto, Y., Horii, Y., Kawashima, M., Hasegawa, Y., Kuriyama, T., Matsui, K., Kusano, M., Albinsky, D., Takahashi, H., Nakamura, Y., Suzuki, M., Sakakibara, H., Kojima, M., Akiyama, K., Kurotani, A., Seki, M., Fujita, M., Enju, A., Yokotani, N., Saitou, T., Ashidate, K., Fujimoto, N., Ishikawa, Y., Mori, Y., Nanba, R., Takata, K., Uno, K., Sugano, S., Natsuki, J., Dubouzet, J.G., Maeda, S., Ohtake, M., Mori, M., Oda, K., Takatsuj, H., Hirochika, H., Matsui, M. 2009. Systematic approaches to using the FOX hunting system to identify useful rice genes. Plant J. 57: 883-894.
- Nakamura, H., Hakata, M., Amano, K., Miyao, A., Toki, N., Kajikawa, M., Pang, J., Higashi, N., Ando, S., Toki, S., Fujita, M., Enju, A., Seki, M., Nakazawa, M., Ichikawa, T., Shinozaki, K., Matsui, M., Nagamura, Y., Hirochika, H., Ichikawa, H. 2007. A genome-wide gain-of function analysis of rice genes using the FOX-hunting system. Plant Mol. Biol. 65: 357-371.
- Tanaka, H., Toyama, J., Hashiguchi, M., Kutsuna, Y., Tsuruta, S., Akashi, R., Hoffmann, F. 2008. Transgenic superroots of *Lotus corniculatus* can be regenerated from superroot-derived leaves following *Agrobacterium*-mediated transformation. J. Plant Physiol. 165: 1313-1316.

報 告

平成 22 年度 農研機構シンポジウム (2010 年 12 月 7 日)

「麦・大豆栽培における湿害の現実と研究展開 —水田高度利用に向けた耐湿性の生理・遺伝研究—」の概要紹介

川 口 健太郎

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 作物研究所

本稿は、2010 年 12 月 7 日に根研究会の後援をいただき開催された標記農研機構シンポジウムの概要を紹介するものです。

作物生産の現場で湿害が問題となっています。このシンポジウムのテーマは、水田で畑作物を栽培する際に問題となっている湿害です。背景には、米の消費量の減少とそれに伴う水田利用率の低下があり、また、食料の国内需要における海外依存度の高さなど、食料の安定的な確保という面での懸念があります。このため、水田を畑として利用し、稻の代わりに麦類、ダイズ、トウモロコシ等の作付けが進められてきました。この方針は、作物生産現場の維持と食料自給率の改善という 2 つの課題を同時に解決しようとする妙案でしたが、わが国は降水量が比較的多く、その上、水田は排水性が悪いため土壤が過湿となって根の生長が阻害され、湿害が発生しやすい環境となっています。

シンポジウムの第 1 部「湿害の現状と対応」では、「湿害の現実とは何か?」と題し、作物研究所の小柳敦史さんが、水田作コムギの生産現場での湿害の発生実態の紹介と湿害研究の難しさについて講演しました。小柳さんは、20 年に及ぶ湿害研究の経験から、コストをかけずに湿害の被害を軽減する最も良い方法は耐湿性品種を育成することであるが、コムギは耐湿性の遺伝変異が小さく難しいこと、新たな改良方策をとるには、まず作物の耐湿性メカニズムの理解が必要であることとしました。

次に、福岡県における米、麦、大豆技術普及の総括責任者をされている田中浩平さんの講演「福岡県における麦類及び大豆の湿害対策技術」では、北九州では昔から湿害対策の意識が

高く、農家自らが圃場の条件に適した排水および耕種技術を選んで利用していることを紹介しました。また、農家はコストや作業性、雑草防除効果などを総合的に判断して技術を導入しているため、開発技術は現地での評価を得ながら、より良い技術として改良を図る必要があると提言しました。

一方、植物病理の観点からの講演「湿害に起因する大豆病害発生のメカニズム」において、中央農業総合研究センターの加藤雅康さんは、これまで単に湿害と片付けられてきたダイズの苗立ち不良には、種子への卵菌類の日和見感染が関係していることを紹介しました。冠水は卵菌類の遊走子の放出を促すとともに大豆種子の抵抗反応を低下させる役割を果たしていると考えられていますが、日和見感染菌の生態については不明な点が多く、今後研究を行う必要があるというお話をでした。

第 2 部「湿害解決に向けた研究の展開」では、遺伝生理学的な耐湿性メカニズムの解明に基づく耐湿性品種開発に向けての基礎研究が紹介されました。まず、「大豆の耐湿性における二次通気組織の役割と機能」と題した講演で、作物研究所の島村聰さんは、これまで湿害に適応する能力がないとされていたダイズは、その根系にスponジ状の二次通気組織を形成し、大気中の酸素を湛水下の根や根粒に供給して湛水に適応する能力があることを示しました。シユノーケルのような役割を持つダイズの通気組織は、湿害に強いダイズを開発するためのツールとしての利用が期待されます。

次に、「トウモロコシ属における耐湿性の遺伝解析と耐湿性畑作物の作出」という講演で、畜産草地研究所の間野吉郎さんは、ニカラグアテ

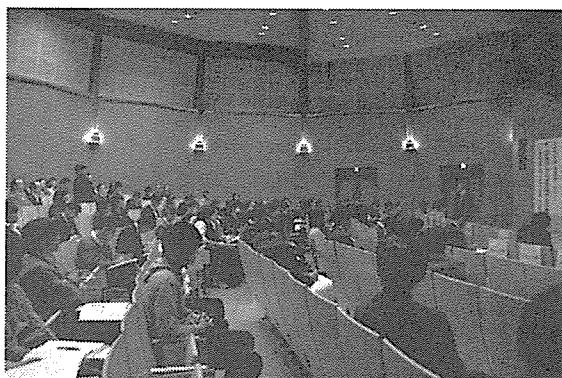
オシント (*Zea nicaraguensis*) を、世界で初めてトウモロコシ属の耐湿性育種の遺伝資源として利用している研究を紹介しました。現在まで、その耐湿性に関連する要因の QTL 解析を進め、根の通気組織形成能、湛水・還元条件下における抵抗性、および湛水条件下における地表根形成能のマッピングに成功し、それらを優良トウモロコシに集積中です。また、有望な遺伝資源の見つかっていない畑作物に対して、テオシントから単離した遺伝子を導入し、耐湿性畑作物を開発するという共同研究を進めているというお話をでした。

最後に「植物の耐湿性メカニズム研究の到達点」と題した名古屋大学の中園幹生さんの講演では、植物の過湿・冠水ストレスに対する応答と適応の機構解明を目指した研究の、最新の情報が紹介されました。過湿土壌への植物の適応戦略として、根端への効率的な酸素供給に関する通気組織の形成および ROL バリアの形成メカニズムを取り上げ、それぞれ、活性酸素やスペリンの合成に関わる遺伝子の関与が示唆されているとのことです。今後ますます知見が蓄積することで、畑作物の耐湿性を改良する方策が具体化するものと期待しています。

1 部と 2 部の間にはポスターセッション「作物の湿害と耐湿性に関する研究成果」が組まれており、25 題のポスター発表の内容は講演とも密接に関連することから、ほとんどの参加者が加わって、予定の時間では議論が尽くせないほど活発な意見交換がなされていました。

本シンポジウムは、毎年開催される農研機構シンポジウムの 1 つとして、作物研究所の主催で、根研究会、日本育種学会、日本作物学会の後援を得て行われました。当日は好天にも恵まれ、会場となった東京大学弥生講堂にある一条ホールには 165 名の参加者があり、大学、試験研究機関を始め、国、地方普及機関、民間の各分野から参加がありました。総合討議では、作物生産と基礎研究の現場の最前線で湿害と向き合っている専門家が一同に会したことから、研究と現場をつなぐ活発な議論が交わされました。湿害研究は困難であるからこそ継続的な取組を求める意見、現場の対策技術は導入コストなど普及を見通した総合的観点が必要であるとの意見、技術を使う農業者の減少を危惧する声も聞かれました。また、耐湿性研究では、通気組織形成を通しての耐湿性品種開発への強い期待の声がありました。講演や討議の内容については、後日、作物研究所からプロシーディングとして発行される予定です。

農研機構シンポジウムは、毎年、テーマを変えて行っており、参加は無料となっておりますので、一般消費者、農業従事者、行政関係者の皆様等、研究者に限らずできるだけ多くの方々に御参加いただき、農研機構の研究成果を知るとともに活用していただきたいと考えています。農研機構ホームページをご覧いただくなされ、「農研機構シンポジウム」でインターネット検索をして下さい。



第 33 回根研究集会に参加して

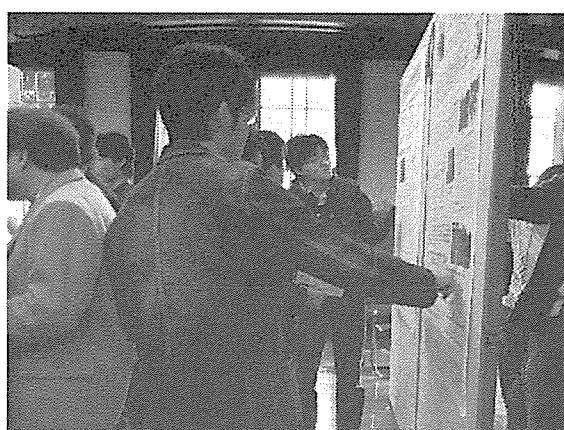
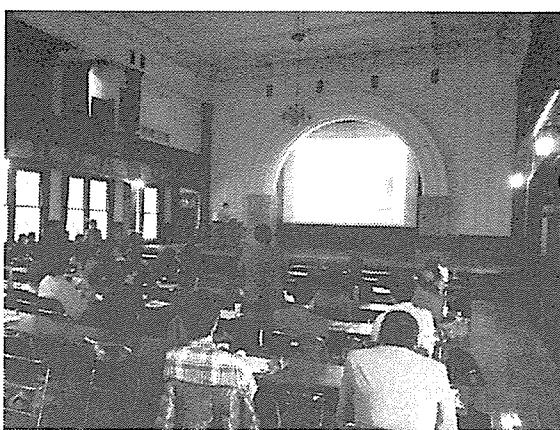
服 部 林太郎

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

第 33 回根研究集会が、2010 年 11 月 12 日から 14 日の 3 日間にわたって、兵庫県立大学環境人間学部姫路新在家キャンパス内にある、旧制姫路高等学校の時代からの情趣あふれる講堂にて開催されました。当日は多くの人による熱気に包まれており、全国から約 30 名の研究者が集まりました。研究集会は口頭発表が 10 題、ポスター発表が 18 題でした。イネ、ダイズやトマトなどの草本植物の根から森林の樹木の根まで幅広い植物の根を研究対象とし、研究分野も作物学、育種学的な内容や生態学的な内容、さらには根の画像解析と多岐にわたり、アットホームな雰囲気の中で、活発な議論が行われました。今回の研究集会では、3 名の方が研究会賞を受賞され、記念講演をされました。奨励賞を受賞された宇賀優作氏は圃場試験を主体としたイネの根系構造の改良とその評価方法について、分かりやすく説明して下さいました。根の深さを自分の目で確かめるためにイネの株元をパワーショベルで掘ったというお話には、研究者としての情熱を感じました。功労賞を受賞された野口享太郎氏の発表は日本の森林における細根の動態を追ったものでしたが、とくに樹木とはあまり縁のない私にとって、大変新鮮で興味深い発表でした。特別賞を受賞された Ivano Brunner

氏は森林の根系における炭素の‘Turnover’についての評価方法と、欧洲での COST の活動内容について基調講演をされました。

懇親会では、普段、直接お話しすることのできない先生方や、他大学の学生や若手研究者の方々ともお話しすることができました。この根研究会では多種多様な分野で‘根’について研究している方々と忌憚なく議論することができ、大いに研究者としての探究心が刺激されるもので、いつも楽しみにしているところであります。最後になりましたが、このように有意義な根研究集会を計画・実行してくださった大橋瑞江准教授をはじめ、兵庫県立大学の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。



第33回根研究集会 プログラム

<日時> 2010年11月12日（金）－11月14日（日）

<会場> 兵庫県立大学 姫路新在家キャンパス

11月12日(金)

12:00 受付開始

13:30 開会の辞

13:35 歓迎の挨拶

13:45 口頭発表1

13:45 O-1 水田転換畠におけるダイズ栽培様式と根系形成の関係
○牛尾昭浩, 須藤健一

14:00 O-2 オーキシン誘導性イネ CRL5 はサイトカイニン信号伝達を負に制御し冠根形成を促す
木富悠花, 北野英己, ○犬飼義明

14:15 O-3 土壌水分条件がクズの蒸散および日射遮蔽効果を通じた緑化機能に及ぼす影響の評価
○神山拓也, 森江昌利, 岡田晃周, 福田顕二, 吉永美香,
前多敬一郎, 山内章

14:30 O-4 根の通気組織形成候補遺伝子を導入した形質転換コムギの作出の試み
○森正彦, 安倍史高, Md Emdadul Haque, 川口健太郎

14:45 休憩

15:15 ポスター発表

P-1 Laser capture microdissection (LCM)を用いたイネの根の遺伝子発現プロファイルリング
○竹久妃奈子, 五十嵐元子, 佐藤豊, 安彦友美, 山内卓樹, Antonio Baltazar,
本山立子, 犬飼義明, 中園幹生, 長村吉晃

P-2 管理により変化する休耕地の細根量

○下田星児

P-3 バスケット法によるテンサイ根系分布の初期判別について
○今野弘規, 伊藤博武, 吉田穂積, 吉富啓悟

P-4 菌根感染の有無によるアカマツ苗の根形態と呼吸速度

○平野恭弘, 牧田直樹, 山中高史

P-5 水田転換畠ダイズにおける生育初期の過剰水分が生育と菌根菌感染率および土壌中の菌根菌バイオマスに及ぼす影響（予報）
服部林太郎, 松村篤, 大門弘幸

P-6 異なるリン源が *Sesbania cannabina* の生育ならびに根粒形成に及ぼす影響
○松村篤, 佐伯聰一, 大門弘幸

-
- P-7 混植林における ^{15}N の動態からみたヤブツバキ吸収窒素の由来
○堀内達也・巽二郎
- P-8 ヘアリーベッチの地下部蓄積窒素が混作エンバクおよび後作トウモロコシの生育と窒素吸収に及ぼす影響
○樽井新, 松村篤, 大門弘幸
- P-9 スギ細根の現存量と形態の季節変化－有機物層と鉱物層の比較－
○田和佑脩, 武田博清
- P-10 セスパニア属植物のリン吸収に着目した水田転換畑における地力増強効果
○佐伯聰一, 松村篤, 大門弘幸
- P-11 根の表面近傍電位計測に関する基礎研究
○高橋三男, 永吉浩, 仁木輝緒
- P-12 テオシント(*Z. nicaraguensis* および *Z. mays* ssp. *huehuetenangensis*)の水田転換畑での湛水処理条件下における耐湿性について
○川口健太郎, Md Emdadul Haque, 森正彦, 安倍史高, 小柳敦史
- P-13 浸透圧ストレス条件下でのトウモロコシ側根原基および周辺組織における網羅的遺伝子発現プロファイリング
○豊福恭子, 小川敦史
- P-14 外生菌根菌は樹木生理機能を変化させるのか?
～コナラ実生の根呼吸・光合成に着目して～
○牧田直樹, 平野恭弘, 吉村謙一, 小杉綠子, 川村あゆみ, 山中高史
- P-15 穴立ての有無と前作の違いがダイズ不定根に与える影響
○池永幸子, 大野智史, 足立一日出, 細川寿, 関口哲生
- P-16 細根の形態と呼吸との関連
○山本早紀、夜久涼子、池野英利、大橋瑞江
- P-17 細根呼吸の測定における前処理の検討
～洗浄・切断のもたらす影響～
○夜久涼子, 牧田直樹, 平野恭弘, 福田圭佑, 山本早紀, 大橋瑞江
- P-18 ヒノキ高齢人工林における土壤呼吸構成要素の評価
○森田佳奈 福田圭佑 大橋瑞江

18:00懇親会

11月13日(土)

8:30開場

9:00授賞式

9:15奨励賞受賞講演

イネにおける根の組織構造および深根性に関わるQTLの同定

宇賀優作

9:40功労賞受賞講演

森林生態系における樹木細根量とその動態に関する生態学的研究

野口享太郎

10:10休憩

-
- 10:30 特別賞受賞講演及び基調講演
Belowground carbon turnover in European forests
Ivano Brunner 博士
(Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research)
- 11:30 お昼休憩
- 12:30 公開講演会開場
- 13:00 公開講演会
生物・生態学分野における情報処理技術
池野 英利
- 14:00 休憩
- 14:30 口頭発表 2
- 14:30 O-5 土壌スキャナ画像からの自動細根抽出手法
○坂本拡道, 大橋瑞江, 木村敏文, 中野愛子, 檀浦正子,
平野恭弘, 牧田直樹, 池野英利
- 14:45 O-6 緑肥すき込み後の作物生育の阻害におけるアーバスキュラー菌根
菌による緩和
○山田奈央子, 山脇賢治, 佐伯聰一, 樽井新, 松村篤, 大門弘幸
- 15:00 O-7 転換畑アズキにおける根系発育と早期播種による湿害回避
○小森二葉, 大橋善之, 松村篤, 大門弘幸
- 15:15 休憩
- 15:45 根研究会からの報告
- 16:00 口頭発表 3
- 16:00 O-8 沖縄本島のウコン圃場におけるアーバスキュラー菌根菌の調査
山脇賢治, 松村篤, 服部林太郎, M. A. ホサイン, 大門弘幸
- 16:15 O-9 2層栽培・根系分割灌水による高糖度トマトの栽培法の開発
○林 浩之, 小川敦史, 豊福恭子, 田口多喜子, 高橋善則
- 16:30 O-10 施肥濃度がイチゴ『かおり野』の収量・根量に及ぼす影響
○舛田泰宏, 磯崎真英, 村上圭一
- 16:45 閉会の辞

- 11月14日(日)
- 9:00 JR姫路駅南口集合
- 10:30 淡路景観園芸学校
- 12:00 移動
- 12:30 震災記念館(昼食)
- 14:00 出発
高速舞子経由
- 16:00 姫路駅着・解散

イネにおける根の組織構造および深根性に関わる QTL の同定

Identification of QTLs for root anatomical structure and deep rooting in rice

宇賀 優作・農業生物資源研究所 (yuga@affrc.go.jp)

Yusaku Uga, National Institute of Agrobiological Sciences

近年、地球温暖化にともない、イネの栽培地域のうち灌漑施設のない水田や畑などでは、干ばつによる被害が深刻になっている。このような地域において安定的なコメ生産を行うためには、イネの耐乾性を向上することが重要である。イネにおいて、深根性や根が太いなどの根系形態は乾燥を回避するうえで重要な形質であると考えられてきた。本研究では、これら形質の遺伝的要因を明らかにし、その遺伝子の育種的な利用を最終目的とする。はじめに、浅根性で根が細い水稻品種IR64と深根性で根が太い陸稻品種Kinandang Patong (KP) を交配親とする雑種集団を作製し、深根性と根の太さ、とくに、中心柱サイズに関するQTL解析を行った。その結果、両形質に最も寄与するQTLを第9染色体の近傍領域に見出した。つぎに、目的とする染色体領域がIR64ホモ型とKPホモ型になったコントロール系統間で深根性と中心柱サイズを比較した。深根率は、IR64ホモ型系統で2.6%であったのに対してKPホモ型系統は40.4%と大きかった。また、中心柱サイズは、IR64ホモ型系統に対して、KPホモ型系統で約25%面積が大きかった。これら2つのQTLsについて、同じQTLの多面発現もしくは異なるQTLが近傍で連鎖しているのかを明らかにするため、後代集団であるBC₂F₄を用いて両QTLsのファインマッピングを行った。その結果、深根性に関与するQTLをINDELマーカーID07_14とID07_17の間に、中心柱サイズに関与するQTLをID07_12とID07_14の間に、それぞれ単一遺伝子座としてマッピングすることに成功した。そこで、深根性に関与するQTLを*Dro1* (*Deeper Rooting 1*)、中心柱サイズに関与するQTLを*Sta1* (*Stele Transversal Area 1*)とそれぞれ命名した。一般に、陸稻は水稻よりも深根性で根が太いと言われているが、このような深根性と中心柱サイズのQTLが近傍に連鎖することはその一因であると考えられる。つぎに、圃場条件下において、*Dro1*が深根性を示すのかを明らかにするために、IR64と*Dro1*がKPホモ型になった系統を用いて土壤層別の根乾物重を比較した。コアサンプリング法により、地表面から下に25cmの層と25から50cmの層の2つの土層から根をサンプリングし、根乾物重を測定した。その結果、浅層では両系統間に明瞭な違いは見られなかったが、深層ではIR64に比べ、KPホモ型系統で有意に根乾物重が増加していた。本結果は、*Dro1*が圃場条件下でも深根性に重要な役割を持っていることを示している。さらに、IR64と*Dro1-NIL*の耐乾性の違いを陸稻の耐干性検定床で調査した。その結果、*Dro1-NIL*がIR64よりも干ばつに強く、個体あたりの収量も有意に高かった。これらの結果から、深根性の改良がイネの耐乾性付与に役立つことが分かった。

The global warming that has occurred in recent years has caused serious drought damage in rice-growing areas that rely on rainwater and lack irrigation. Therefore, the enhancement of drought resistance in rice is becoming an important strategy to stabilize rice production in areas with rainfed agriculture. A deeper, thicker root system is an important way for rice to avoid drought stress. Two quantitative trait loci (QTLs) that control deeper rooting and root stele size were detected in the same region of chromosome 9 by QTL analyses using mapping populations derived from the cross between the lowland cultivar IR64 and the upland cultivar Kinandang Patong (KP). To clarify whether the two QTLs can be dissected genetically, I performed fine-mapping of these QTLs using an advanced backcross progeny. I selected eight BC₂F₃ plants, in which recombination occurred in the region near the two QTLs. To determine the genotype of the QTLs, self-pollinated progeny of these plants were selected and the root traits were phenotyped in homozygous IR64 and KP lines (genotype control). The homozygous KP line had a deeper rooting ratio of 40.4%, compared with 2.6% for the homozygous IR64 line. The homozygous KP line also had 25% larger steles than the IR64 line. Genotype classes for the two QTLs in recombinant homozygous lines were clearly determined based on the root phenotype. Accordingly, the deeper rooting QTL, *Dro1* (*Deeper Rooting 1*), was mapped between insertion/deletion (InDel) markers ID07_14 and ID07_17 on chromosome 9. The stele size QTL, *Sta1* (*Stele Transversal Area 1*), was mapped between InDel markers ID07_12 and ID07_14, which is a different location to that of *Dro1*. These results clearly demonstrate that two different adjacent linked QTLs, *Dro1* and *Sta1*, control deeper rooting and root stele size, respectively. Next, to clarify the influence of *Dro1* in an upland field, I quantified the root distribution in different soil layers by means of core sampling. A line homozygous for the KP allele of *Dro1* (Dro1-KP) and IR64 did not differ in root dry weight in the shallow soil layers (0 to 25 cm), but root dry weight of Dro1-KP in deep soil layers (25 to 50 cm) was significantly greater than that of IR64, suggesting that *Dro1* plays a crucial role in increased deep rooting under upland field conditions. I investigated difference of drought resistance between IR64 and Dro1-NIL under an artificial drought condition. The Dro1-NIL showed drought resistance and significantly increased grain yield compared to the IR64. These demonstrated that improvement of deep rooting was useful to enhance drought resistance in rice.

森林生態系における樹木細根量とその動態に関する生態学的研究

野口享太郎 森林総合研究所四国支所 (kyotaro@affrc.go.jp)

樹木の細根は根系の先端部に位置し、土壤から水分や養分を吸収する役割を担っている。樹木の細根は、便宜的に直径 2 mm 以下の根と定義されることが多く、その現存量は根系全体の数%にすぎない。しかし、最近の研究により細根はターンオーバーが速く、細根の生産量が森林の純一次生産量の数十%におよぶことが明らかになってきた。したがって、森林の炭素・養分動態を理解するとともに温暖化などの環境変動が森林に与える影響を評価するためには、細根の動態を定量的に解析し、その仕組みを解明する必要がある。

日本の森林における細根現存量については、多くのデータが蓄積されてきた。既存のデータをまとめると、アカマツ林、クロマツ林（約 50-70 g m⁻²）を除くと、スギ林、ヒノキ林、広葉樹林などでは約 500-700 g m⁻²で、欧米を中心に推定された森林の細根現存量に近い値であった。また、多くの森林が山地斜面上にある日本では、斜面上部の細根量が斜面下部と比較して大きいことが特徴的と言える。これは、斜面位置による土壤の水分や養分条件の違いを反映しているものと思われるが、今後、日本で細根動態研究を進める際に考慮すべき条件の一つと考えられる。一方、細根生産量については針葉樹人工林で 70-320 g m⁻²、落葉広葉樹林で 90-680 g m⁻²との報告があるが、2007 年時点で十数例の報告にとどまっているため、今後、さらなるデータの蓄積が求められる。（Noguchi et al. 2007）

また、新たにスギ林やヒノキ林の細根生産量について調査した結果、1 年間の細根生産量（直径 1 mm 以下）は、スギ林（茨城県・28 年生）では 72 g m⁻²、ヒノキ林（茨城県・10 年生）では 120 g m⁻²と推定された。このうち、スギ林において生育期間中の 6 ヶ月間（4 月～9 月）、降雨遮断による土壤乾燥処理を行った結果、乾燥区の細根の生産量は対照区の約 3 割、逆に枯死量は 2.5 倍であった。このように、細根は土壤環境の変化に対する感受性が高く、環境条件の変化により細根生産量や枯死量は大きく変化しうると考えられる。一方、ヒノキ林で間伐（胸高断面積で 65%）後の 3 年間にわたり調査を行った結果、間伐区の細根生産量（101 g m⁻²）は対照区（120 g m⁻²）の約 84% であった。この結果は、間伐を行うと伐採されずに残った個体の成長が促進されるため、バイオマスの減少ほどには細根生産量が減少しなかったことを示唆している。（Konôpka et al. 2007, Noguchi et al. in press）

以上のように、これまでの研究から森林の細根動態が環境条件の変化や施業など人為の活動の影響を受けて変化することが明らかになってきた。今後、さらに細根動態の仕組みを理解するためには、環境要因だけでなく、地上部成長など内的要因との関係にも着目しながら研究を進める必要がある。

Studies on biomass and dynamics of tree fine roots in forest ecosystems

Kyotaro Noguchi, Forestry and Forest Products Research Institute

Fine root is a key parameter of carbon and nutrient dynamics in forest ecosystems. We have reviewed studies on fine roots in Japan and found that fine root biomass in Japanese forests are similar to those in North America and Europe, in general. The previous studies also suggested that slope position is an important factor affecting fine root biomass. We have examined fine root dynamics in sugi (*Cryptomeria japonica*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantations. Effects of simulated drought stress and thinning on fine root production were also examined. These studies suggested that fine root dynamics is sensitive to changing environmental conditions or forest management practices. For further understanding of fine root dynamics, future studies should focus not only on effects of environmental changes but also effects of physiological factors such as aboveground growth.

Belowground carbon turnover in European forests

Ivano Brunner

Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL)

(ivano.brunner@wsl.ch)

National greenhouse gas inventories involve the estimation of changes in C stock in forests from the five C pools 'aboveground biomass', 'belowground biomass', 'dead wood', 'litter', and 'soil organic matter (SOM)'. However, belowground carbon (C) processes in the functioning of forest ecosystems are often underestimated. While inputs and outputs of C in the aboveground part of forest ecosystems are measured relatively easily and continuously, little is known about the mechanisms of belowground C allocation.

On the one hand, fine roots of less than 2 mm in diameter are often excluded from the belowground biomass because they only hardly can be distinguished from litter or from SOM. As a consequence, living fine roots are often included in the litter or in the SOM. On the other hand, the mycelia of mycorrhizal fungi are included in the SOM. SOM refers to a complex of large and amorphous organic molecules and particles derived from the humification of aboveground and belowground litter, and incorporated into the soil, either as free particles or bound to mineral soil particles. It also includes organic acids, dead and living microorganisms, and the substances synthesized from their breakdown products. Both, fine roots and mycelia of mycorrhizal fungi, however, clearly belong to belowground biomass which delivers considerable amounts of C via its turnover to the soil C pool. Annually, about 1 t C/ha flows via the fine-root and about 0.5 t C/ha via the mycorrhizal mycelia turnover into the forest soils.

Because of these discrepancies in the handling of C pools, the European COST Action FP0803 has been initiated to deepen the understanding of 'Belowground C turnover in European forests'. The main objective of this COST Action is to improve and to coordinate the methods and the knowledge to measure and calculate belowground C turnover, and to implement the obtained values in improved biogeochemical models to develop sustainable belowground C management strategies for European forest ecosystems. This would ensure a maximum of resilience under adverse or gradually changing environmental conditions. It is the aim of this COST Action to improve the estimations of belowground biomass, in particular of tree roots, of mycelia of mycorrhizal fungi, and of the SOM. This includes the estimations of the increase (growth) and the decrease (mortality) of all living belowground biomass and their turnover values, as well as the net C stock change in soils. Only good estimations enable a realistic calculation of the overall belowground C stock changes in forests and their integration in appropriate soil and ecosystem biogeochemical models.

This COST Action focusses on the four key areas 'fine root turnover', 'mycorrhizal mycelia turnover', 'soil C stocks', and 'biogeochemical modelling', with the intention of linking the different research fields involved, evaluating the potential of new and innovative methodologies, and developing new process-based descriptions of belowground C dynamics within biogeochemical models. This is important because the estimations of C dynamics in forest ecosystems under changes in climate and atmospheric CO₂ concentrations need to be improved, and because most European countries need to estimate and report the changes of belowground C stocks in forests under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the Kyoto Protocol. If a country can report, that their C stocks are increasing, then it can account a certain amount of C for its national greenhouse gas inventory.

生物科学への新たなアプローチ 生物・生態学分野における情報処理技術

池野英利

兵庫県立大学 環境人間学部
(ikeno@shse.u-hyogo.ac.jp)

科学技術の急速な進歩によって、これまで観測が難しかった微小な物体や高速な現象などを測ることができるようになっただけでなく、色々な実験に利用できるビデオカメラやセンサーなどが安価に手に入るようになってきている。しかもデータがデジタル化されることによって、コンピュータを用いた処理が可能となり、保存や処理の幅が格段に広がった。生物、生態学分野においても、日々新しい計測技術が開発、適用されており、これに合わせた新しいデータの解析、活用方法が必要とされている。本講演では、私たちの研究グループで進めている以下の2つの研究テーマを中心に、画像データから研究者が必要とする情報を抽出する画像処理技術を紹介する。

生物の脳神経系における感覚や記憶などの機能は、神経細胞と呼ばれる特殊な細胞が結合することによって構成された神経回路によって実現されている。各神経細胞には別の神経細胞と結合するために樹状突起や軸索と呼ばれる木の枝のような形態部分があり、それらがどのような形状で、脳のどの部分に伸びているかを調べることは、神経回路の構造と機能の関連を解明するための第一歩である。神経細胞によって脳の機能が創造されていることは生物で共通しており、私たちは昆虫における特異的な行動を生み出す脳機能を細胞レベル調べている。その中で、細胞内染色技術を用いて染色された神経細胞を共焦点レーザ顕微鏡によって撮影した画像から神経細胞の形態を自動的に抽出する方法について研究を進めており、現在、カイコガについて神経細胞の結合状態を表す脳地図を作成している(Haupt et al., 2010)。

一方、神経細胞に適用した形態抽出の技術は、土壤画像から樹木の細根の形態、伸長状態の追跡に対しても有効に利用することができた。最近、土中に埋設されたイメージスキャナによって土壤画像が連続的に計測されるようになった(Dannoura et al., 2008)。私たちは、神経細胞の形態抽出に用了手法を、この測定された画像から根の先端部分の抽出に利用することで、細根の成長状態を自動的に追跡できることを示した(Nakano et al., 2009)。さらに、土壤画像から根の部分を自動的に抽出する方法を開発しており、スキャナからのデータを自動的に処理して、細根の成長状態を計測していく装置として根研究に活用できるものにしていきたい。

コンピュータによる自動処理は、大量のデータを扱う上で極めて強力な技術であるが、一方で人間だと比較的簡単に処理できることがプログラムで実現しようとすると非常に難しいという、もどかしさも随所に感じられる。私たちが物体を認識、識別している脳の情報処理メカニズムを導入するなどによって、人間が処理するのと同じような結果をもたらす柔軟な計測装置を実現したいと考えている。

O-1 水田転換畠におけるダイズ栽培様式と根系形成の関係

牛尾昭浩*, 須藤健一

兵庫県立農林水産技術総合センター

(*Akihiro_Ushio@pref.hyogo.lg.jp)

近年、ダイズが水田高度利用を図るために主要作物として位置づけられているなかで、従来からの中耕・培土を基本とした栽培体系に加えて、不耕起栽培、無中耕・無培土栽培、狭条（狭畝）栽培など、コスト低減、省力化を図りながら収量性向上をめざした様々な栽培様式が確立されつつある。それらの栽培様式では、従来の耕起・中耕・培土体系とは異なる根系が形成されていることが考えられることから、不耕起栽培や無中耕・無培土栽培条件におけるダイズの根系形成を調査した。

2010年のダイズ「サチュタカ」の子実肥大期（9月下旬）に、ダイズ・コムギ連続不耕起体系（7月8日播種）、イネ・コムギ連続不耕起栽培後のダイズ作付初年目7月8日播種）、全面耕起・無中耕・無培土体系7月7日播種）、慣行の耕起・中耕・培土体系6月25日播種）といった栽培様式の異なる場内4ほ場から採取した個体の生育状況や根系を調査した。調査個体は、半径15cm深さ20cm程度にショベルで地面から掘り起こして根部を流水洗浄した。

不耕起栽培ほ場は条間30cm、耕起栽培ほ場は条間75cmで、立毛本数に3~6本/m²の違いがあるが地上部の各形質に大きな差はみられなかった。主根長について、耕起・培土区において茎基部からの不定根の発生がみられた部分を含めると最大値（23.8cm）となるが、根部の下層への伸長は中庸な値であった。畠条件が連続したほ場では、無培土でも主根長が20cm以上となり、主根深との差が1.7~2.5cmと、主根が地面に対して鉛直方向に伸長したことを示した。一方、イネ・コムギを連続して不耕起栽培したほ場の深さ5cmを超えると、土層が圧密になって土壤水分が高く維持される傾向を示した。その影響により、主根深が8.4cmにとどまり、地上部の支持に有効な側根も地表面近くに多くみられたことから、他のほ場よりも耐倒伏性が劣ったと考えられた。また、不耕起栽培ほ場は耕起ほ場に比べて太い側根が明らかに多かったが、側根からの細根量は耕起ほ場よりも顕著に少なく、土壤水分条件の違いが反映されているものと思われた。ただし、根粒着生量に関与すると思われる側根数（太+中）は9.6~13.2本と、ほ場間で顕著な差はみられなかった。

以上より、ほ場の栽培履歴、耕起や中耕・培土の有無によって、ダイズの根系発達・形成様式が異なることが認められ、不耕起栽培における側根の発達による耐倒伏性向上効果が示唆されたものの、下層への主根伸長が抑制される土壤条件では、その長所が発揮されない恐れがあることも推察された。

表 栽培様式の違いがダイズの生育ならびに根系に及ぼす影響（カッコ内は標準偏差）

作付体系 前年夏-冬	耕起 有無	中耕 培土	立毛本数: 本/m ² (条間cm×株間cm)	主茎長 cm	主茎基部 断面積m ²	着生莢数 莢/本	倒伏程度 無(0)~甚(5)
ダイズ-ムギ 休-ムギ	不耕起	無	16.7(30×20)	50.6 (3.3)	76.3 (19.1)	71.8 (15.6)	0
休-ムギ	不耕起	無	17.5(30×19)	53.2 (3.2)	58.8 (10.9)	44.6 (14.0)	3
ダイズ-無	耕起	無	13.3(75×10)	54.6 (1.5)	52.3 (3.2)	51.0 (4.9)	2
イネ-無	耕起	有	11.6(75×15)	47.5 (2.8)	68.3 (23.1)	63.8 (21.4)	0
耕起 有無	中耕 培土	培土高 cm	主根長 cm	主根深 cm	太(>1 mm Ø)	中	細
不耕起	無	-	21.2 (0.8)	19.5 (1.1)	9.8 (2.4)	1.2 (1.6)	9.4 (4.4)
不耕起	無	-	15.2 (2.6)	8.4 (1.6)	9.2 (1.5)	4.0 (1.4)	0.0 (0.0)
耕起	無	-	21.3 (3.8)	18.8 (3.6)	5.4 (1.0)	4.2 (1.6)	9.8 (1.7)
耕起	有	7.5 (0.7)	16.3 (2.6)	14.8 (2.5)	4.6 (2.9)	6.0 (4.2)	8.0 (4.6)

注) 耕起・培土区の主茎長は培土部位を含む

培土高は、培土前の地際から測定した

主根深は、地面から主根先端までの鉛直距離

側根数のうち、「細」は乾燥後に屈曲させても折れないものを計測した

0-2

オーキシン誘導性イネ *CRL5* はサイトカイニン信号伝達を負に制御し冠根形成を促す木富悠花¹・北野英己²・犬飼義明^{1*}

1. 名大院 生命農学, 2. 名大 生物機能開発利用研究センター

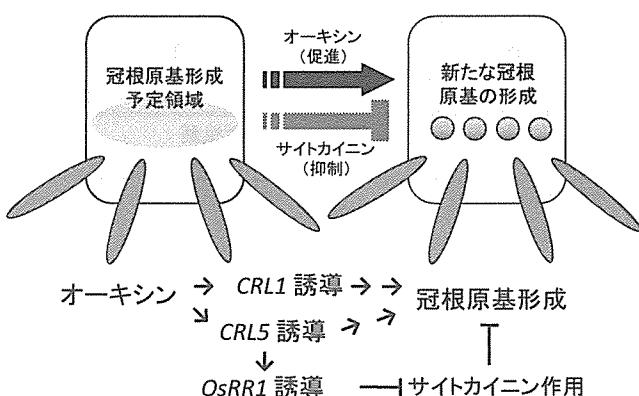
(*連絡先 e-mail: inukaiy@agr.nagoya-u.ac.jp)

イネやトウモロコシといったイネ科植物の根系は、その成長過程において順次形成される多くの不定根（冠根）によって特徴づけられる。我々はこれまでに、冠根の発生には AS2/LOB タンパク質をコードする *CROWN ROOTLESS1* (*CRL1*) が重要であることを明らかにした。加えて、AP2 ドメインを 2 つ持つ AP2 型転写因子である *CRL5* も同様に冠根の発生に必要不可欠であるが、*crl1* *crl5* 二重変異体の表現型から、*CRL5* は *CRL1* とは異なる遺伝的経路上で冠根の発生を制御していることを見出した（木富ら 2008, 第 29 回根研究集会; Kitomi et al. 2008, 5th International Symposium on Adventitious Root Formation）。本研究集会では *CRL5* の発現、および機能解析を行った結果について報告する。

crl5 変異体は著しく冠根数が減少する。その原因遺伝子 *CRL5* の発現は、根の発生を正に制御するオーキシンにより誘導された。オーキシン信号は AUX/IAA タンパク質が分解され、*AUXIN RESPONSE FACTOR* (*ARF*) が転写能を回復することで下流へと伝達される。そのため、機能獲得型の OsIAA3 タンパク質を発現させた形質転換体を用いて解析した結果、本転換体ではオーキシン処理による *CRL5* 遺伝子発現の誘導が認められなかった。加えてゲルシフトアッセイにより、OsARF1 タンパク質と *CRL5* 上流領域に存在する推定のオーキシン応答性シス配列が相互作用することが確認された。従って、*CRL5* はオーキシン信号伝達を制御する ARF 転写因子の直接のターゲット因子であることが判明した。

次に *CRL5* の機能を解析するため、イネカルスへのアグロバクテリウムの感染による *CRL5* 遺伝子の過剰発現体の作出を試みた。興味深いことに、*CRL5* 過剰発現体のカルスは再分化培地において根を旺盛に発達させていた。再分化培地中にはサイトカイニンが含まれ、これにより通常は根の形成が抑制される一方、ショート形成が促される。そこで、様々なサイトカイニン濃度の培地上でカルスを生育させた結果、*CRL5* 過剰発現個体カルスは本来ならば根が誘導されない非常に高濃度のサイトカイニン存在下においても、多くの根を発生させることができた。従って、*CRL5* 過剰発現個体は高濃度のサイトカイニンによる冠根形成の抑制作用に対して耐性を示すことが明らかとなった。

そこで、サイトカイニン信号伝達に関与する遺伝子群の発現解析を行った結果、負の制御因子である *OsRR1* などの Type-A Response Regulator の発現が野生型にくらべ *crl5* 変異体で低く、逆に *CRL5* 過剰発現体で高いことが判明した。さらに、*crl5* 変異体において *CRL5* プロモーター下で *OsRR1* を発現させた形質転換体では、*crl5* 変異体の冠根数の減少がある程度回復する傾向が認められた。以上より、オーキシンにより誘導を受けた *CRL5* は、サイトカイニン信号伝達を負に制御することにより冠根の発生を促すものと考えられる。

図. *CRL1* および *CRL5* によるイネ冠根形成の制御

O-2

Auxin-induced *CRL5* regulates crown root initiation repressing cytokinin signaling in rice

Kitomi, Y¹., H. Kitano² and Y. Inukai^{1*}

(1. Grad. Sch. Bioagr. Sci., Nagoya U., 2. Biosci. Biotech. Cen., Nagoya U.)

(*e-mail: inukaiy@agr.nagoya-u.ac.jp)

Cytokinin is known to have negative effects on *de novo* auxin-induced root formation. However, the regulatory mechanisms of root initiation by both cytokinin and auxin are poorly understood. In this study, we characterized a rice mutant, termed *crown rootless5* (*crl5*), which produced fewer crown roots and displayed impaired initiation of crown root primordia. The expression of *CRL5*, which encodes a member of the large AP2/ERF transcriptional factor family protein, was observed in the stem region where crown root initiation occurs. Exogenous auxin treatment induced *CRL5* expression without *de novo* protein biosynthesis, which also required the degradation of AUX/IAA proteins. A putative auxin response element in the *CRL5* promoter region specifically interacted with a rice ARF, demonstrating that *CRL5* is also a direct target of an ARF, similar to *CRL1/ADVENTITIOUS ROOTLESS1* (*ARL1*) that regulates crown root initiation. A *crl1 crl5* double mutant displayed an additive phenotype, indicating that these two genes function in different genetic pathways for crown root initiation.

In addition, *CRL5* over-expressers showed a cytokinin-resistant phenotype for crown root formation and also up-regulated the expression of two negative regulators of cytokinin signaling, *OsRR1* and *OsRR2*, which were down-regulated in the *crl5* mutant. Notably, the expression pattern of *OsRR1* overlapped that observed for *CRL5* at the initiation region of crown root primordia. Transgenic plants which over-expressed *OsRR1* under the control of the *CRL5* promoter in a *crl5* mutant background produced a higher number of crown roots than the control *crl5* mutants. Taken together, these results indicate that auxin-induced *CRL5* promotes crown root initiation through repression of cytokinin signaling by positively regulating type-A *RR*.

O-3 土壤水分条件がクズの蒸散および日射遮蔽効果を通じた 緑化機能に及ぼす影響の評価

神山 拓也^{1*}・森江 昌利²・岡田 晃周²・福田 順二²・

吉永 美香²・前多 敬一郎¹・山内 章¹

(¹名古屋大学大学院生命農学研究科, ²名城大学理工学部建築学科)

(*連絡先 E-mail: koyama.takuya@f.mbox.nagoya-u.ac.jp)

夏期の畜舎内の高温による家畜の著しい生産性の低下は従来から大きな問題であったが、特に近年深刻化し都市近郊の畜産経営を圧迫している。そこで、植物による畜舎の緑化技術の確立を最終目的とし、とくに、マメ科で繁殖力が旺盛で、地上部が飼料となり(栗山, 1953)、根も利用価値の高いクズに注目した。これまで供試した5種(西洋アサガオ、アピオス、ナタマメ、ニガウリ、クズ)の中では、クズが畜舎の緑化に最も適することを報告した(神山ら, 2009)。また、畜舎に見立てたコンテナハウスにクズを登攀させ植物の被覆による冷却効果を検証したところ、クズの被覆割合の増加に伴い被覆していないコンテナハウスとの室温差が増加していくことが確認された(神山ら, 2010)。しかし、植物の被覆による冷却効果としては、日射の遮蔽による冷却効果と蒸散による冷却効果があることがわかつており(三坂ら, 2007)、これまでの研究で、クズの蒸散による冷却効果と被覆による日射遮蔽効果は区別できていない。そのため、栽培および育種学的視点から改善すべき点が明らかとなつていな。そこで本研究では、蒸散による冷却効果の貢献度を明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】2009年に名古屋大学附属東郷フィールドおよび名古屋大学内実験圃場で自生しているクズから休眠枝を採取し挿し木法(中野, 2009)により苗を育成した。地上部を同年の冬に刈り取り、2010年に再生した苗を供試した。名古屋大学附属東郷フィールド内の圃場に東西方向に設置した5棟のコンテナハウス(高さ 2.6m×横幅 3.65m×奥行き 1.83m)の両端を除く3棟のうち2棟の南側に苗5個体を80cm間隔で移植し(5月24日)、南面と屋根面にプラスチック製の網を張り登攀させた。また、残る1棟は無植栽区(プランク)とした。土壤水分条件が緑化機能に及ぼす影響を評価するために、自動灌水装置を用いて水管理をおこない9月9日に緑化したコンテナのうち1棟分の灌水を停止し灌水区、灌水停止区の2つの処理区を設けた。また、蒸散による冷却効果の貢献度を評価するために、9月29日に灌水処理区において断根処理をおこなった。土壤水分条件は、地表面から12cmの位置でTDR土壤水分測定装置を用いて計測した。移植日から1週間毎に、茎長、南面および屋根面全体のクズによる被覆割合をデジタル画像を使ったコンピューター画像解析によって求めた。9月11日、9月29日に個葉の蒸散速度を携帯用蒸散速度測定装置を用いて、植物体全体の葉温を赤外線サーモグラフィー装置を用いて計測した。T型熱電対を用いてコンテナハウス南面室内側壁面温度12点および鉛直方向室内温度3点を、温湿度データロガーを用いて外気温度および相対湿度を、精密全天日射計を用いて全天日射量を6月21日から10月3日まで1分毎に連続計測した。

【結果と考察】①灌水を停止したことによって灌水停止区と灌水区との間の壁面温度差が顕著に拡大した。また、体積土壤含水率および個葉の蒸散速度にも差が認められたため、この壁面温度差は主に蒸発散によって生じたと考えられた。9月11日の灌水停止区と灌水区との間の壁面温度差は最大で1.47°Cであり、その時の灌水区とプランクとの壁面温度差は5.09°Cであったため、灌水処理による冷却効果の増加割合は28.8%であることがわかった。

②植物の蒸散による冷却効果を定量的に評価するために、気象条件が同程度のときのプランクと断根処理前および断根処理後の灌水区との壁面温度差を比較したところ処理前後で0.5°Cから1.4°Cの差が認められた。断根処理前の灌水区とプランクとの壁面温度差は5.8°Cから7.4°Cであったため、蒸散による冷却効果が植物の被覆による冷却効果に占める割合が約8.3%から18.7%だと推定された。

これらのことから、植物の被覆による冷却効果を最大限に引き出すには土壤水分管理が重要であることが明らかとなった。また、日射遮蔽に関わる葉の展開能力および葉からの蒸散を維持するためには根系による吸水力が重要であることがわかった。

【引用文献】栗山 1953 畜産の研究 7(8):48-49. 神山ら 2009 日作紀 78(別2):218-219. 神山ら 2010 日作紀 79(別1):44-45. 三坂ら 2006 日本建築学会技術報告 23:233-236. 中野 2009 近畿中国四国農業研究 14:85-87

O-4 根の通気組織形成候補遺伝子を導入した形質転換コムギの作出の試み

森正彦*, 安倍史高, Md Emdadul Haque, 川口健太郎

農研機構 作物研究所 麦類遺伝子技術研究チーム

(*連絡先: mmori@affrc.go.jp)

イネ科植物の中で耐湿性の強い作物は、根に通気組織を発達させ、茎葉部から根端に酸素を送ることが知られている。一方、イネ科畑作物の中でも耐湿性の弱いコムギなどは根に通気組織を十分に形成しない。

そこで我々は、テオシントやイネなど耐湿性が強いイネ科植物において根の通気組織形成に関与すると考えられる遺伝子をコムギに導入して、通気組織を十分に形成する形質転換コムギを作出し、コムギの耐湿性と通気組織との関係を明らかにすることを目指して研究を進めている。まず、テオシントとイネから単離された候補遺伝子を導入した形質転換コムギの作出を試みた。次に、作出した形質転換コムギの世代を進めるとともに、遺伝子導入後の早期世代で根の表現型に基づいて、目的の形質転換コムギを簡易に一次選抜することが可能であるかを検討している。

これまでに、パーティクルガン法により通気組織関連候補遺伝子をコムギ（品種：Bob white SH98 26）の未熟胚に導入し、約2,000個の遺伝子導入胚から候補遺伝子を保有する34個体を得た（図1）。遺伝子導入効率は約1.7%であり、パーティクルガン法でのコムギの一般的な導入効率と同程度であった。RT-PCR法により、このうち19個体において目的とする導入遺伝子が発現していることを確認した（図2）。現在、導入遺伝子が遺伝的に分離するT₁世代の系統を用いて、Haque *et al.* (Plant Root, 2010)の手法により、根の通気組織形成速度および形成部位を調査し、通気組織形成能の評価を試みている（図3）。本講演では、これらを含め、最新の実験状況を紹介する。

（本研究は農研機構・生研センターのイノベーション創出基礎的研究事業の助成により実施している。また本研究は、畜産草地研究所間野吉郎博士および名古屋大学中園幹生教授の協力のもと行っている。記して感謝の意を表する。）

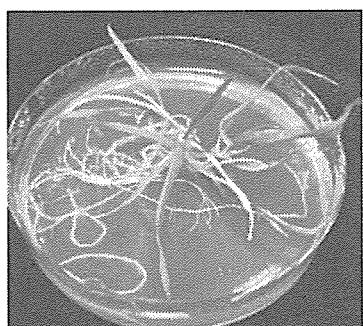


図1. 選抜培地で成長するT₀コムギ

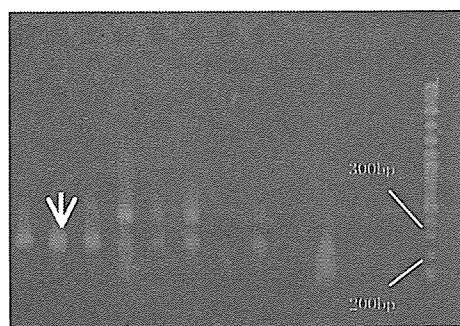


図2. 導入個体毎の遺伝子発現の確認。発現遺伝子のバンド（矢印：約250bp）およびサイズマーカー情報（右端レーン）



図3. T₁コムギ系統の通気組織形成能の評価方法
(湛水処理条件)

O-5

土壤スキャナ画像からの自動細根抽出手法

坂本拡道^{1*}・大橋瑞江¹・木村敏文¹・中野愛子¹・檀浦正子²・平野恭弘³・牧田直樹²・池野英利¹¹兵庫県立大学・²京都大学・³名古屋大学

(*連絡先 : y.hiromichi.s.dby@gmail.com)

1. はじめに

近年、CCDスキャナを土壤中に埋設して連続的に土壤を撮影するスキャナ法(Dannoura et al., 2008)により、細根動態の自動的な記録・蓄積が行われるようになった。このような画像データの蓄積は、細根動態の詳細なメカニズム解明につながることが期待できる。しかし、撮影された画像の解析はマニュアルで行われており、多大な労力や作業時間が必要であることから、十分に活用されていない状況である。また、マニュアルでの解析結果は、作業者や作業状況によって処理結果が異なることから、同じ基準での評価が難しいという問題がある。これらの問題を解決するために、自動的な処理手順(プロトコル)の開発が求められている。土壤に比べて細根の占める割合は少なく、背景の明るさや色も時々刻々と変化する。背景が一定でない画像から微小な物体を自動的に検出することは容易ではなく、様々な画像処理技術、最適化法などを活用した独自の処理プロトコルを確立する必要がある。本研究では、細根動態解析の第一段階として、スキャナ法によって取得された画像を対象とし、土壤部分と細根部分を自動的に分離、抽出するプロトコルを検討した。

2. 材料と方法

本研究に用いた画像は、京都府山城試験林で一定時間ごとに自動で取得されたコナラ根の画像である。この画像は細根の生長を連続的に撮影したものであり、画像から細根部分を抽出していくためには、背景から対象物を抽出していく処理が必要となる。背景と対象物との違いは、輝度(明るさ)、形状、色の三要素に分離が可能と考えられる。本研究では、これらの三要素に基づき、以下の手順で細根の抽出を行った。

a) 輝度による抽出

スキャナ画像におけるピクセルの明るさの違いで根と土壤を判別する。土壤は細根に比べ暗い傾向があるため明るいところは細根とみなす。輝度のしきい値は判別分析法により決定した。

b) 形状による抽出

細根の形状が線状であるということを利用し、土壤部分と分離を行う。形状による判別にはガボールフィルタに基づき、多重解像度解析を適用した。

c) 色による抽出

a), b)の処理によって抽出された領域の画像ピクセルより、細根の色分布を求める。その分布を利用し、細根の色に適合する範囲を自動的に推定し、細根部分と考えられる領域を画像から抽出する。

3. 結果と考察

本研究で開発した処理手法を適用することにより、細根部分を抽出することができた(図1A,B)。マニュアルで抽出した画像と比較したところ、細根部分が抽出されていることがわかった。また、線状であるという形状を判別に用い、太さに関する制限も加えていないことから、より太い根や粗根も一部抽出されていた。粗根や木化した根は土壤との色の識別が付きにくく、抽出されていない場合が多くあった。今後、適用する画像処理アルゴリズム、処理プロトコルに検討を加え、実用的な処理手法として確立することを目指している。さらに、細根先端部の追跡手法(Nakano et al., 2009, 坂本ら, 2010)と組み合わせることで、土壤画像から細根部分を自動的に抽出し、その先端の伸長状態を自動的に解析するシステムへの発展を計画している。

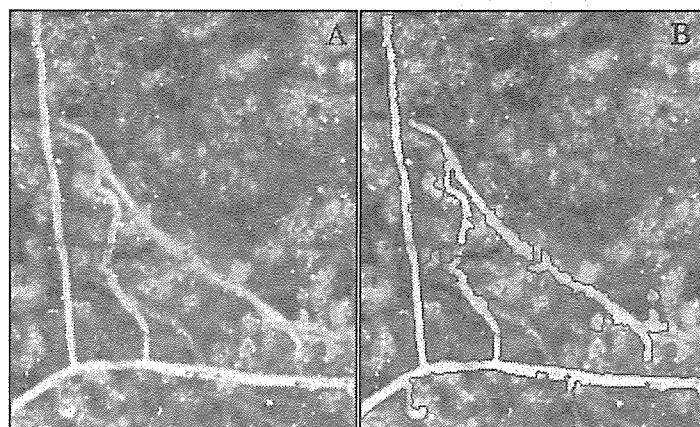


図1,A)スキャナ画像の一例

B)抽出結果一例(黒線枠内)

O-6 緑肥すき込み後の作物生育の阻害におけるアーバスキュラー菌根菌による緩和

山田奈央子*・山脇賢治・佐伯聰一・樽井新・松村篤・大門弘幸

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

(*E-mail : yamadan@plant.osakafu-u.ac.jp)

緑肥施用は有機物の供給による土壤の理化学性の改善に加え、土壤病害や線虫害を抑制することなどからその効果が再評価されている。中でもマメ科緑肥作物は根粒菌や菌根菌と共生することで窒素固定能やリン吸収能に優れるので、省資源的な作物生産において有用な要素として見直されている。多様なマメ科緑肥作物の中には、雑草の発生を抑制するものもあり、そのひとつにヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) があげられる。本植物は冬から春にかけての被覆作物としても利用され、含有するシアナミドによる抑草作用が強いことから果樹園では下草としても使われる。一方、すき込み後の腐熟が十分でないと作物の初期生育を阻害する可能性があり、播種時期や前後作の組合せなどに留意しなければならない。なお、緑肥すき込み後の生育阻害物質として、シアナミド以外にもフェノール類、アルカロイド類、フラボノイド類などがあげられるが必ずしも明確にはされていない。本研究では、ヘアリーベッチすき込み直後の生育阻害の緩和を目的に、重金属や過剰塩類などのストレスを緩和するアーバスキュラー菌根菌 (AM 菌) の接種によって、すき込み後のトウモロコシの生育がいかに影響されるかについて検討した。

開花期前後のヘアリーベッチ ‘まめっこ’ の茎葉部の乾燥粉末を用いて以下の実験を行った。先ず、刈取り直後の茎葉部の乾燥粉末の熱水抽出物のポリフェノール含量を Folin-Ciocalteu 法で分析したところ、開花前では 7.6 mg GAE/gDW (Gallic acid相当量)、開花盛期では 5.8 mg GAE/gDW のポリフェノールが検出された。次に、ビニールポット (直径 12cm × 高さ 11cm) に赤玉土とバーミキュライトを 3:1 で混合した培土を充填し、開花盛期の乾燥粉末 40g を混和する区(+GM 区) と混和しない対照区(-GM 区)を設け、トウモロコシ ‘ゴールドデント KD850’ の催芽種子を播種して地上部と地下部の生育を調査した。播種 9 日目と 14 日目の地上部乾物重には両区間で差異は見られなかったが、地下部の生育は+GM 区で顕著に阻害された。根端部分を詳細に観察したところ、粉末が集中して局在している部分に伸長した根では、その根端が褐変し-GM 区に比べて総根長は著しく減少した。さらに、AM 菌による生育阻害の緩和を検討するために、開花前の乾燥粉末を 5g 混和する区(+GM5 区)、20g 混和する区(+GM20 区)、混和しない対照区(-GM 区)を設け、それぞれに AM 菌 *Gigaspora margarita* (Becker & Hall) を接種する区(+AM 区)と接種しない区(-AM 区)の計 6 処理区を設けて同様にトウモロコシを播種した。その結果、+GM5 区では生育阻害は見られず、+AM 区ではむしろすき込みによる生育促進効果が見られた。一方、+GM20 区では顕著な阻害が見られたものの、+AM 区ではその阻害の抑制が認められた。

以上のように、緑肥すき込み直後の生育阻害が AM 菌によって緩和される可能性が示された。現在、ポリフェノール含有率が高い夏作マメ科緑肥作物のセスバニアとクロタラリアについても同様のポット試験を行い、ポリフェノール含量と生育阻害の相互関係および AM 菌の阻害緩和機序について検討を進めているところである。

O-7 転換畑アズキにおける根系発育と早期播種による湿害回避

小森二葉^{1*}・大橋善之²・松村篤¹・大门弘幸¹¹大阪府立大学大学院生命環境科学研究科, ²京都府農林水産技術センター丹後農業研究所

(*E-mail : futaba@plant.osakafu-u.ac.jp)

日本のアズキ生産の中心は北海道の畑作地帯であるが、近畿地域では各府県で育成された品種が水田転換畑で栽培されている。それらの品種は7月上旬に播種されるが、生育期間を通じて様々な水分ストレスにさらされ、収量が安定しないことが問題となっている。発表者らは、品種‘京都大納言’において、生育初期に過剰水分ストレスを受けると胚軸から旺盛に形成された不定根により、湿害が緩和される可能性があり、また不定根数が多い品種ほど生育の抑制が小さいことを明らかにした（小森ら、2010）。しかし、実際の転換畑圃場では、不定根を出す以前の湿害、すなわち播種後の出芽の不安定性も大きな問題となる。そこで、梅雨前の6月中旬の播種（早期播種）により出芽時の湿害を回避し、それによって過剰となる栄養生長を剪葉（上位葉の切除：愛知県では摘心と称する（林ら、2008））により抑制し、分枝着莢数を増加させることで収量を安定させる可能性について検討した。また、その際に、剪葉による受光態勢の改善が窒素固定に及ぼす影響についてもあわせて検討した。

供試品種には‘京都大納言’を用い、大阪府立大学附属教育研究フィールドの水田転換畑（灰色低地土）で実験を行った。基肥として1m²あたりN3g, P₂O₅10g, K₂O8g, 苦土石灰60gを施用し、2010年6月17日に播種した。1区7.68m²の試験区を対照区と剪葉区について各5反復設置し、栽植密度は16.7個体/m²（条間30cm、株間20cm）とした。8月17日（開花開始1週間前）に地上30cmの刈高で茎葉部全てを刈取る剪葉処理を行い、刈取った部分は試験区内に敷設した。生育期間中は、処理前は約10日毎に、処理後は約7日毎に主茎長（処理後は草高）、主茎節数、分枝数、SPAD値、LAIを測定した。なお、処理時には剪葉部分の生体重と乾物重を測定した。また、処理後3日目、24日目および51日目にそれぞれ道管液を採取し、道管液中の硝酸態、アミノ酸態、ウレイド態の各窒素成分を分析した後、相対ウレイド値を算出し、窒素固定依存率とした。

剪葉処理では、主茎節数が18節程度のものを平均11節で刈取り、生体重で1m²あたり平均1502gの茎葉部を切除したが、それにより下位葉への透過日射量が多くなり、個体群の受光態勢が改善した。すなわち、葉面積指数（LAI）は、処理直前は6程度であったが、処理により1程度まで減少し、その後、対照区では蔓化、倒伏が激しく、その値はやや減少したが、剪葉区ではこの期間に徐々に回復し、処理後20日目には処理前と同程度となった。草冠部上位の頂小葉における葉色値（SPAD）は、処理時は約40であり、対照区ではその後あまり変化しなかったが、剪葉区では新たに抽出した葉が成熟するとともに徐々に増加し、処理後20日目には45程度と対照区に比べて大きく、さらに生育後期までその値が高く維持された。なお、生育後期においても、剪葉区では対照区に比べて蔓化による倒伏の程度は小さかった。分枝数は、処理時は約4本であり、その後両区で増加したが、剪葉区でより多くなり、処理後25日目には約12本となった。窒素固定依存率は、処理後3日目において対照区で85%であったのに対し、剪葉区では49%と低かった。その後は、対照区では減少したが、剪葉区では徐々に増加し、生育後期において窒素固定依存度が対照区に比べて高く維持され、このことは莢へ転流する窒素の確保に貢献する可能性があると考えられる。なお、剪葉部分を全て試験区内に敷設することにより遮光による抑草効果とともに生育後期における窒素供給効果が期待される。

以上のことから、早期播種したアズキでは、剪葉により受光態勢が生育後期まで良好に保たれ、窒素固定が維持されることによって、葉色も高く維持されることが示された。なお、剪葉によって蔓化、倒伏は大幅に軽減されたが、収穫期には剪葉区においてもやや蔓化が見られたことから、剪葉時期やその強度についてはさらに検討する必要がある。現在、重窒素希釈法を用いて総窒素含有量における固定窒素と肥料窒素の生育時期別の貢献度について、茎葉部と莢に分けて解析中である。

0-8 沖縄本島のウコン圃場におけるアーバスキュラー菌根菌の調査

山脇賢治^{1*}, 松村篤¹, 服部林太郎¹, M. A. ホサイン², 大門弘幸¹

¹大阪府立大学大学院生命環境科学研究科, ²琉球大学亜熱帯島嶼科学超域研究推進機構

(*E-mail : yamawaki@plant.osakafu-u.ac.jp)

アーバスキュラー菌根(AM)菌は、宿主植物のリンや窒素などの養分吸収に影響することが知られている。有効成分クルクミンを含有するウコンは、栄養要求量の高い作物であり、AM 菌による養分吸収の強化が生産性に影響を及ぼすかもしれないが、これまでに両者の共生関係についての報告は少ない。日本では、秋ウコン (*Curcuma longa L.*) と春ウコン (*C. aromatica SAL.*) が主として沖縄で栽培されているが、国頭マージ、島尻マージ、ジャーガルに分類される沖縄の土壤はいずれも地力が低いため、AM 菌による養分吸収機能の強化の可能性に興味がもたれる。そこで本研究では、先ず沖縄本島の各土壤で栽培されるウコンの AM 菌感染の現況を把握し、あわせて今後の接種試験に資するために栽培に関する聞き取り調査を行った。

ウコンの生育盛期にあたる 2010 年 9 月 21~23 日に、国頭マージ地帯の国頭村楚洲(5 地点)、名護市済井出(4 地点)、名護市大浦(6 地点)、島尻マージ地帯の南城市知念(2 地点)、西原町千原(2 地点)、本部町備瀬(1 地点)、今帰仁村今泊(1 地点)、ジャーガル地帯の南城市佐敷(6 地点)の計 27 地点の秋ウコンまたは春ウコンの栽培圃場において、株下の土壤と根の採取を行った。土壤の pH と EC、トルオーグ法による可給態リン酸含有率、トリパンブルーで染色した根の格子交差点法による AM 菌の感染率を測定した。

AM 菌の感染は、いずれの調査地点から採取した根においても、全てのサンプルで認められた。感染率については、いずれの土壤においても変動が大きく、また秋ウコンと春ウコンによる差異も認められなかった。さらに、感染率と土壤の pH あるいは EC との間には特に相関関係は認められなかった。一般に AM 菌の感染はリン酸含有率が低い土壤で高いとされる。本調査において可給態リン酸含有率は、国頭マージが 86 mg/100g、島尻マージが 39 mg/100g と比較的高く、ジャーガルが 7 mg/100g と極めて低かったが、感染率がジャーガルで著しく高いという傾向は認められなかった。なお、いずれの圃場においても感染が見られたのは、これらの圃場では殺菌剤や除草剤を使用せず、化成肥料の施用量も少なく、有機物の施用を中心とした肥培管理をしているからかもしれない。感染率は同じ地域内での変動が大きく、pH、EC、可給態リン酸含有率だけでなく、土壤の理化学性を詳細に分析するとともに、各圃場における施用有機物の種類、施用量ならびに夏期におけるかん水の有無など、栽培管理との関係から解析する必要がある。なお、調査した沖縄本島全域にわたる 27 地点のウコンの生育は地点によってかなりの差が認められた。根系を拡大しやすい軟らかい土壤で栽培されるウコンは比較的生育が良好であり、夏期の降雨量が少ない時期にかん水を欠かさない地点では生育が旺盛であった。AM 菌接種による乾燥ストレスの緩和も報告されていることから、ウコンの根の評価と AM 菌による養水分吸収機能の強化についても研究を進める必要があろう。また、AM 菌の種を同定し、土壤や地域間の多様性を解明したい。なお、調査にご協力頂いた沖縄におけるウコン生産者および関係者各位に深謝する。

2層栽培・根系分割灌水による高糖度トマトの栽培法の開発

林 浩之¹、小川敦史²、豊福恭子²、田口多喜子¹、高橋善則¹

¹秋田県農林水産技術センター農業試験場、²秋田県立大学

(E-mail : Hayashi-Hiroyuki@pref.akita.lg.jp)

【目的】隔離床栽培や養液栽培したトマトは、根系に水分ストレスを与えると果実糖度が向上することが知られており、高糖度果実の生産を目的に少量灌水や高EC養液を施用する栽培法が開発されている。また、地床栽培でも、上層土が乾燥した砂れきなどの条件では高糖度果実が生産されることがある。この場合、下層根から吸水された水分が乾燥した上層土中や上層根に分配され、トマト地上部に水分ストレスが付加されるとみられる。そこで、トマトを上層根と下層根とに分割する容器を用いて栽培し、上層根の乾燥処理が地上部の水分ストレス強度と根系の形態、果実形質に及ぼす影響を検討した。

【材料及び方法】試験は農業試験場内のガラス温室で実施した。栽培は、自作した50Lのアルミ製容器(50×50×20cm)を、上・下2層に積み重ねて用いた。容器の底面中央には直径8cmの排水孔を切り、上容器の排水孔の直下に接着した塩ビ管(直径8cm、長さ10cm)により上・下容器を連結して、トマトの根系を分割した。試験区は、下容器に充填した培養土の種類と量によって(1)黒ボク土1/2(黒ボク土18.8L)、(2)黒ボク土1(黒ボク土37.5L)、(3)砂土1/2(砂土18.8L)、(4)砂土1(砂土37.5L)、(5)対照(黒ボク土18.8L)、の5処理を設けた。いずれの処理も、上容器には37.5Lの黒ボク土を充填し、8月29日に中玉トマト品種‘ルイ60’を定植した。灌水は、定植後から9月11日まで上容器に手灌水し、9月12日以降は点滴チューブ(Stream Line、Netafim社)を用いて上・下容器に1日当たり1500mLを灌水した。また、対照区を除く処理区は、10月5日から上容器の灌水を停止して乾燥処理を開始した。

【結果及び考察】乾燥処理前、処理区の葉柄水ポテンシャルは対照区と同程度の-0.72~-0.87MPaであったが、乾燥処理直後には-1.0MPa以下まで低下した。特に、砂土1区の水ポテンシャルは10月24日に-1.48MPaまで低下し、その後も低く推移した。他の処理区の水ポテンシャルも対照区に比べて低く推移しており、上層根の乾燥処理に伴ってトマト地上部へは水分ストレスが長期間付加されていた(図1)。乾燥処理によって上層根の発達は抑制され、収穫終了時の調査では、全ての処理区は上層根の全根長が対照区に比べて小さくなる傾向があった。下層根の全根長は処理区によって異なり、黒ボク土1区の全根長は対照区に比べて発達していたが、他の処理区は対照区と同程度に止まった。砂土1区は下層根の発達が著しく阻害された株がみられ、水ポテンシャルが低下した要因と考えられた。果実形質では、砂土1区の1果重は34gに減少し、逆に果実糖度は対照区に比べ2.0度高まつた。また、黒ボク1/2区も1果重は40gに減少して、果実糖度は1.3度高まつた。その他の処理は、1果重が対照区に比べ減少したが、果実糖度には有意差がみられなかった。灌水制限後の葉柄水ポテンシャルは、果実糖度と1果重に影響を及ぼしており、水ポテンシャルが低下するに従い果実糖度は増加し1果重は減少した。糖度7度以上で1果重が40g程度の果実が生産される葉柄水ポテンシャルは、-0.9~-1.1MPaの範囲に相当した(図2)。

以上の結果から、根系を分割したトマトは、上層根が乾燥処理されると下層根からの吸水がある条件でも、地上部には一定の水分ストレスが長期間付加され果実糖度が向上すると考えられた。今後は、高糖度果実を安定して生産する一手法として、本栽培法の大玉トマト栽培への適用を検討する。

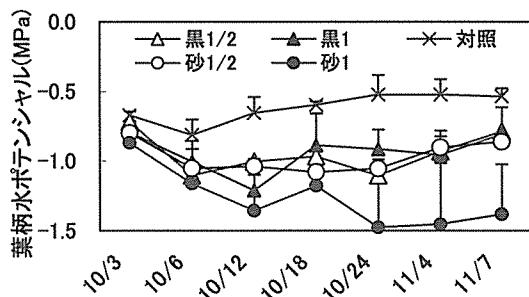


図1 灌水制限前後の葉柄水ポテンシャルの推移
(誤差線は標準偏差、n=3)

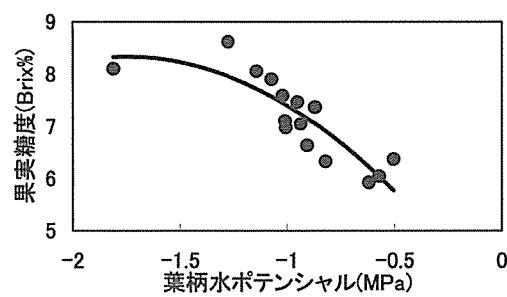


図2 2層栽培したトマトの水分ストレスと果実糖度

O-10 施肥濃度がイチゴ『かおり野』の収量・根量に及ぼす影響

舛田泰宏, 磯崎真英, 村上圭一
三重県農業研究所

(masudy06@pref.mie.jp)

2008 年三重県が育成したイチゴ『かおり野』は炭疽病抵抗性を付与した品種であり、肥料や水に対する反応が非常に敏感であるという特性を有する。本研究では、養液栽培ロックウール耕を用いて施肥濃度がイチゴ『かおり野』の収量・根量に及ぼす影響について検討を行った。

材料および方法 :

試験場所 : 三重県農業研究所内温室 (面積 5a)

試験品種 : かおり野、章姫

栽培様式 : ロックウール (4 L/株) 耕プランター栽培、8 株/区、3 連制

施肥 : 園試処方 かおり野 (EC0.7dS/m, EC0.9 dS/m, EC1.1 dS/m)、章姫 (EC0.7dS/m)

給液量 : 給液量小 (排液率 20%) , 給液量中 (排液率 30%) , 給液量多 (排液率 40%)

測定項目 : 果実収量、硝酸態窒素は、14 日吸収量を養液残量及び養液濃度から算出した。栽培終了後、根を水洗し、重量を測定し根量とした。

結果及び考察

- 1) 収量は施肥濃度が高く給液量が多いほど増加する傾向にあった。同一濃度管理 (EC0.7dS/m) の章姫に比べ 1.3 倍程度の增收となった。
- 2) かおり野の窒素吸収量は、施肥濃度の増加に伴い、高くなった。また、EC0.7 dS/m 区においては、章姫に比べ窒素吸収量が 1.3 倍程度になった。とくに、その傾向は定植後から収穫開始期 (9 月～12 月) までに顕著であった。
- 3) 根量は、施肥濃度が増加すると減少した。また、給液量が増えるにつれ増加する傾向が認められた。EC0.7dS/m 区で章姫の根量と比較すると、その量は 1.5 倍程度であった。これらは、窒素吸収量の差と類似していた。

以上のことから、かおり野は章姫と比較し、根量が多く、肥料吸収量も多いことから、高濃度・多灌水の養液管理を行うことで収量向上に繋がることが示唆された。実際に栽培品種を章姫からかおり野に変更する場合には 1.2~1.5 倍施肥量を増加させることで、養液栽培ロックウール耕を用いた栽培が可能になると考えられた。

P-1 **Laser capture microdissection (LCM)を用いた
イネの根の遺伝子発現プロファイルリング**

竹久妃奈子^{1*}・五十嵐元子^{1,2}・佐藤豊¹・安彦友美³・山内卓樹³・Antonio Baltazar¹・本山立子¹・
犬飼義明⁴・中園幹生^{3,4}・長村吉晃¹

1. 生物研, 2. 奈良先端大・バイオ, 3. 東大農学生命科学, 4. 名大院生命農学

(*E-mail:thinako@affrc.go.jp)

これまで、植物の根における形態形成や生理機能に関与する遺伝子制御ネットワークの解析は、双子葉植物のシロイスナズナを中心に進められてきた。しかし、主要穀物であるイネ、トウモロコシ、ムギなどの単子葉植物における知見はまだ少ない。近年、組織切片上の標的とする細胞をレーザーによって正確に単離することのできるLaser capture microdissection (LCM)の技術が植物で確立され、マイクロアレイ解析と組み合わせることにより、特定の植物組織における遺伝子発現を網羅的に解析することが可能となった。そこで我々は、単子葉植物のモデル植物であるイネの根における形態形成や生理機能を制御する遺伝子群、さらにはその制御ネットワークの解明に有用な遺伝子発現情報の整備を目的とし、LCMとマイクロアレイ解析を用いた根の網羅的遺伝子発現プロファイルリングを実施した。

日本型イネ品種日本晴をグロースチャンバー内（湿度: 60%, 明/暗: 14h/10h, 30°C/25°C）に設置した水耕装置 (Yoshida's nutrient solution) で10日間育成し、第3葉が展開した個体の冠根を解析材料とした。サンプリングは根端から基部にかけて、根冠、分裂帯、伸長帯、根毛帯、成熟帯（前期）、成熟帯（後期）に分割して行った。さらにLCMを用いて伸長帯/根毛帯と成熟帯（後期）の2部位の表層（表皮/外皮/厚膜組織）、皮層、中心柱部位（内皮/中心柱）をそれぞれ分割し採取した。採取したサンプルからRNAを抽出し、イネ4×44K マイクロアレイ RAP-DB (Agilent) を用いた1色法によりマイクロアレイ解析を行った。

解析の結果、根の発達過程が異なる根端から基部にかけて、部位特異的な遺伝子発現変動が認められた。さらに遺伝子発現パターンの類似性をもとに遺伝子を分類し、各部位で特異的に高い発現を示す遺伝子群を抽出した。根冠ではムシラーゲや境界細胞の合成を制御すると考えられる炭素代謝関連遺伝子が、分裂帯では細胞分裂・分化に関与するDNA複製・翻訳関連遺伝子が、伸長帯・根毛帯では水や無機栄養分の吸収に関与するトランスポーター関連の遺伝子が多く含まれていた。また、根毛が形成される伸長帯/根毛帯部位の表層、側根形成が開始される中心柱部位、通気組織が形成される皮層部位で特異的に高い発現を示す遺伝子群を見出した。以上の結果から本研究で得られた根の詳細な遺伝子発現情報は、根の各部位における特異的遺伝子発現やその機能を明らかにするための有用な情報基盤になると考えられた。

なお本研究は、農林水産省新農業展開プロジェクトRTR0002「イネの全生育過程を通じた遺伝子発現プロファイル」の一環として実施された。

P-1 Eng.

Root gene expression profiling in rice using Laser capture microdissection (LCM)

Hinako Takehisa^{1*} · Motoko Igarashi^{1,2} · Yutaka Sato¹ · Tomomi Abiko³ · Takaki Yamauchi³ ·

Baltazar Antonio¹ · Ritsuko Motoyama¹ ·

Yoshiaki Inukai⁴ · Mikio Nakazono^{3,4} · Yoshiaki Nagamura¹

1. NIAS, 2. Bioscience, NAIST, 3. Grad. Sch. Agric. Life Sci., U. Tokyo, 4. Grad. Sch. Bioagr. Sci., Nagoya U. (*E-mail:thinako@affrc.go.jp)

Although the molecular events associated with root formation have been widely studied in the model dicotyledon plant species, *Arabidopsis thaliana*, not much is known on the gene regulatory networks involved in root development of monocotyledonous plant species such as rice, maize, wheat etc. Laser capture microdissection (LCM) is an alternative technology that enables isolation of specific cell types from tissue sections using microscope. In combination with microarray analysis, this can be used as an efficient strategy to characterize the global gene expression of specific cells and tissues. Here, we performed comprehensive gene expression profiling of root tissues from *Oryza sativa* L. ssp. *japonica* cultivar Nipponbare using LCM and microarray analysis in order to understand the genetic regulation involved in root development. Seeds were germinated on a nylon net floated on distilled water in a controlled-environment growth chamber (60% humidity; 14h light period at 30°C; 10h dark period at 25°C). After 3 days of germination, the seedlings were transferred on a nutrient solution and allowed to grow for another 7 days. The crown roots were collected and divided into eight sections with different developmental stage from the root tip to the basal zone representing the root cap zone, cell division zone, cell elongation zone, three root hair zones, and two mature zones. Then using LCM, the three distinct tissues in the cell elongation/root hair zone and mature zone corresponding to the epidermis/exodermis/sclerenchyma, cortex, and endodermis/pericycle/stele, respectively were further separated. RNAs extracted from each sample were used for one-color (Cy3) labeling and hybridization with the rice 4 X 44K microarray RAP-DB (Agilent).

Analysis of the microarray data derived from various tissues revealed differential gene expression patterns associated with root development from the root tip to the basal end. Clustering analysis showed preferential expression of genes in different tissues and at different developmental stages. In the root cap, carbohydrate metabolism related genes which maybe involved in mucilage and border cell productions were detected. Many DNA replication and translation related genes associated with cell division and cell differentiation were identified in the cell division zone. In the cell elongation zone and root hair zone, transporter genes that might be involved in transport and uptake of water and nutrient were observed. Moreover, highly expressed genes were identified in the epidermis/exodermis/sclerenchyma tissues at the root hair induction region in the cell elongation and root hair zone, the endodermis/pericycle/stele tissues at the lateral root initiation region, and the cortex tissues that formed into aerenchyma. A comprehensive gene expression profiling of root tissues derived from LCM-microarray analysis will be useful in elucidating the gene regulatory networks involved in root development and morphogenesis in rice.

This study is part of the “Gene Expression Profiling Project” funded by a grant from the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries under the Genomics for Agricultural Innovation (RTR0002).

P-2 管理により変化する休耕地の細根量

下田星児・農研機構 近畿中国四国農業研究センター(sss@affrc.go.jp)

【背景と目的】

全国の耕作放棄地面積は、2005年時点では38.6万ha、耕地面積の約7%を占めている。休耕地は、周辺農地への病害虫の供給源となるために、また景観等に配慮して管理される場合が多い。この場合、多くの地域では、年に数回の草刈により管理される。日本では雑草の繁殖力が強く、休耕・放棄水田は経時に植物の遷移が進み、多年生や木本生雑草が侵入することが多い。一方で、休耕田を管理した場合には、多年生や木本の繁茂を抑制して1年生草本が優占する。

近年、農地より自然に近い耕作放棄を保持する方が、温室効果ガス排出削減に有効であるとの報告が多く見られる。耕作放棄地から農耕地への転換は、土壤炭素量の大幅な減少をもたらすと報告しており、食料増産と温室効果ガス削減を両立することは難しいとしている。逆に、農地を耕作放棄した場合に土壤炭素量が増加することが報告されている(Henebry, 2009)。

土壤炭素量の増減は、植物枯死体からの土壤への炭素供給と、微生物分解に伴う炭素放出の収支で決まる。農地の土壤炭素に着目した研究では、2mmふるいを通過した場合は土壤とみなす場合が多いが、管理による土壤炭素の違いを明らかにするためには、細根の炭素量への換算は重要である。管理により変化する休耕地の2mm以下の細根量を把握し、炭素循環と休耕地管理の関係を評価する。

【方法】

広島県福山市の試験圃場において、平成18年まで作物栽培を行っていた圃場(水田 8a)を平成19年から非耕作状態にし、調査した。8m四方で刈取管理区を設定し、その中に1m×1mの植生調査コドラーを40区設置し継続的に植生調査を行った。草刈は一回目を5月、二回目を8月に実施し、草刈後に刈った草本を地面に残す区(草刈+残し)と、圃場外へ取出す区(草刈+取出)、全く非管理の区(放棄)を設定した。2009年の冬に、それぞれの区で土壤採取を行った。土壤は、ライナー採土器にて0-5、5-10、10-15、15-30cmの深度で採取した。2mmふるいにかけて礫を除去し、粗大根を採取した後、1.18mmふるいにかけて根・枯死植物体などを採取、ふるいを通過した根をピンセットで取り出した。2mmふるいを通過した根を細根と定義し、乾燥重量を測定した。

【結果と考察】

放棄区では、初年度からキク科多年草のセイタカアワダチソウが優占植生となり、以後植生被覆の9割以上をセイタカアワダチソウが占めた。草刈区ではイネ科多年草のメリケンカルカヤが優占した。放棄区 0-30cmの細根割合は12%と、他の区の半分となり、表層5cmの層に粗大根が集中した。細根量は、草刈+取出区でもっとも大きく、放棄区で最小だったが、その差は小さかった。細根割合は大きく違うが、量には大きな差がないため、細根を土壤として換算しても土壤炭素量の算出に大きな影響が無いことが分かった。土壤炭素量は、草刈+残し区でも放棄区でも、表層5cmでは増加する一方、下層では炭素量が変わらない、もしくは減少する場合がする傾向にあった。

P-3 バスケット法によるテンサイ根系分布の初期判別について

今野弘規^{1*}・伊藤博武²・吉田穂積¹・吉富啓悟²¹東京農業大学生物産業学研究科・²東京農業大学生物産業学部
(77100006@bioindustry.nodai.ac.jp)

【目的】

テンサイの高収量地帯の網走市では市内の東部と西部間の収量格差が問題となっている。伊藤ら(2008)は品種改良の面から根系分布の改善を目的として、テンサイ 12 品種の根系分布を比較した。その結果、「カブトマル」は当地の主力品種の「アセンド」と比較して根系が深く、「スタウト」は両品種の中間に示すと報告している。しかしながら、フィールドでの根系分布調査は多大な労力と時間を費やすため、育種上、生育盛期時の根系の深さを生育初期の段階で簡易的に判別する方法の開発が望まれる。小柳ら(2001)はバスケット法を用いてコムギ種子根の伸長角度による異なる深さの根系を形成する系統選抜法を開発している。本研究は小柳ら(2001)の方法を応用し、伊藤ら(2008)によって根系分布の差が明らかにされている「アセンド」、「カブトマル」、「スタウト」の 3 品種を用い、種子根の推移を調査するとともに、テンサイにおける根系分布の早期判別法について検討した。

【材料及び方法】

実験には東京農業大学オホーツクキャンパス内の温室を使用した。供試品種は「アセンド」、「カブトマル」、「スタウト」を用いた。種子はシャーレに蒸留水を染み込ませたろ紙の上に置き、25°Cのインキュベータ内で催芽させた。三共園芸培土(北海三共株式会社)(N=374 mg/kg, P₂O₅=1485 mg/kg, K₂O=220 mg/kg)をプラスチック製のザル(矢崎化工株式会社 BB-15)に入れ、十分灌水した後、催芽させた種子をザルの中心に静置した。ザルは 1/5000a のワグネルポットの上部にはめ込み、ワグネルポットはプラスチック製のバットに水を張りその中に浮かべ、発根した根の乾燥を防いだ。適時灌水を実施し、ザルの表面から発根した根の角度を調査した。ザルの表面から 90° ~80° の範囲で発根した根を垂直根とし、準垂直根を 80° ~70° , 準水平根を 70° ~60° とし、60° 以下を水平根として 4 段階に分けて記録した。

【結果および考察】

最初に根が確認されたのはカブトマルが 7 日目、スタウトとアセンドが 9 日目だった。カブトマルの根は 12 日目まで緩やかに増え、12 日目から 20 日目までに急速に増加した。スタウトとアセンドの根は 18 日目まで緩やかに増加し、18 日目以降、スタウトは 24 日まで、アセンドは 27 日目まで急速に増加した。これらのことから、根の発達は初期生育の段階においても品種間差が認められ、深根型の品種ほど早く発達することが分かった。カブトマルの 1 ポット当たりの播種後 30 日目の根数は 20.8 本と 3 品種の中で最も多く、次いでスタウトの 14.8 本、アセンドの 9.57 本だった。0~10 日目の角度別発根数を見ると、カブトマルでは垂直根から準水平根まで広範囲な根張りが確認され、特に垂直根の根数が最も多くなった。それに対し、アセンドは一本の垂直根しか確認できなかった。つまり、テンサイは垂直根の本数が多く、また垂直根から水平根まで幅広い根域に根を張る品種ほど、深い根系を形成すると考えられる。小柳ら(2001)はコムギの種子根が垂直方向に成長する品種ほど深根になると報告している。一方、0~20 日目、0~30 日目の角度別発根数を見ると、「カブトマル」と「スタウト」の間には明確な角度の差が認められなかった。このことから根系分布の判別法としては静置後 10 日目で調査を行うと良いことが分かった。

P-4 菌根感染の有無によるアカマツ苗の根形態と呼吸速度

**Morphological traits and respiration rates of mycorrhizal roots of
Pinus densiflora seedlings**平野恭弘^{1*}・牧田直樹²・山中高史³

Yasuhiro Hirano, Noaki Makita, Takashi Yamanaka

¹名古屋大環境・²京都大農・³森林総研

(yhirano@nagoya-u.jp)

アカマツ (*Pinus densiflora*) は外生菌根菌との共生により乾燥した痩せ地などにも生育することができる。外生菌根菌に感染された樹木細根では一般的に形態が変化する。またその呼吸速度は、実験条件下では非感染苗よりも高くなるものの、野外では感染率の増加につれ呼吸速度が小さくなるという報告もある (Comas and Eissenstat 2004)。外生菌根菌の一種であるマツタケ菌 (*Tricholoma matsutake*) についてもその感染の有無がアカマツの根の呼吸速度や形態に与える影響を調べた実験例は少ない。本研究では、マツタケ菌を含む4種の外生菌根感染がアカマツ実生苗の根形態と根呼吸速度に与える影響を明らかにすることを目的とした。

アカマツ当年生実生に、滅菌日向土を用いて3種の外生菌根菌（ヌメリイグチ、コツブタケ、ホンショウロ）を感染させ8ヶ月間、またマツタケ菌を感染させ11ヶ月間、23度の恒温下で育成した。それぞれに対照区として8ヶ月および11ヶ月非感染苗も育成した。それぞれの菌種ごとに12ポット（1ポットあたり3本）を育成した。その後、アカマツ実生を掘り取り、根の呼吸速度を小型閉鎖型チャンバーとCO₂ガス交換器 (GMP343, VAISALA, Finland) を用いて、Makita et al. (2009) の方法により測定した。また実生苗全体の根の平均直径(mm)と比根長(m/g)をWinRHIZO 2007 (Regent, Canada) を用いて算出した。

その結果、ホンショウロを感染させたアカマツ実生の根直径が他に比べて有意に大きくなっていた。またコツブタケの比根長が他に比べ有意に大きい、すなわち細い根が形成されていた。マツタケ菌に関しては、対照区と根形態の有意差は認められなかった。呼吸速度に関しては、感染苗と非感染苗すべてに有意差が認められなかった。根直径-根呼吸速度の関係をみると、外生菌根菌に感染した苗と非感染苗では、異なる傾向にあった。本実験で用いた菌種では、菌根菌感染率の増加につれて、根呼吸速度が増加や低下する一定の傾向は認められなかった。

The objective of this study is to clarify the effects of the infection of mycorrhizal fungi including *Tricholoma matsutake* on the respiration rate and morphological traits of *Pinus densiflora* seedlings. We used four species of mycorrhizal fungi, *Tricholoma matsutake*, *Suillus luteus*, *Pisolithus tinctorius* *Rhizopogon luteolus*. As a result, the diameter of roots infected with *Rhizopogon luteolus* significantly increased and the SRL (m/g) of *Pisolithus tinctorius* was higher than those in the other fungi. There were no significant effects on the respiration rate among four species of mycorrhizal roots. We only found that the effect of mycorrhizal roots on the relationship between root diameter and respiration rate when we compared those of non-mycorrhizal roots.

P-5 水田転換畑ダイズにおける生育初期の過剰水分が生育と 菌根菌感染率および土壤中の菌根菌バイオマスに及ぼす影響(予報)

服部林太郎*, 松村篤, 大門弘幸

(大阪府立大学大学院生命環境科学研究所)

(*email: hattori@plant.osakafu-u.ac.jp)

排水性が悪い水田転換畑では土壤水分が過剰になり、転作ダイズの生育と収量が制限される。菌根菌はダイズに感染するが、土壤が還元状態になるとバイオマスが減少することがある。そのため、転換畑におけるダイズと菌根菌との共生関係は、普通畑におけるそれとは様相を異にすると予想されるが、これまで根量と菌根菌バイオマスとの関係や土壤水分と感染率との関係について明らかにされていない。そこで、転換畑圃場において生育初期に異なる土壤水分条件を設け、生育、菌根菌感染率、菌根菌バイオマスを経時的に調査し、相互の関係を解析することを試みた。

実験は本学の水田転換畑（灰色低地土：8m×3m）で行った。2010年7月2日にフクユタカの種子を条間70cm、株間20cmで点播した。圃場を二分し、畝間灌漑を行う湿润区（W区）と行わない対照区（C区）を設け、W区の土壤含水率が高くなるように管理し、灌漑は8月6日に終了した。6月12日、7月14日、7月23日、8月11日と8月25日に土壤コアサンプル（直径：5.0cm、長さ30.0cm）を両区の任意の2箇所（株と株の中間地点）から採取して土壤深度によって3層（土壤表面から0-10cm（表層）、10-20cm（中層）、20-30cm（深層））に分け、根長密度、比根長、菌根菌感染率、菌根菌バイオマス（脂肪酸検出MIDI-Sherlockを利用）を測定した。

主茎長と最上位展開葉のSPAD値はW区で常に低く、初期生育は劣る傾向にあったが、主茎節数と分枝数には両区間で差異は認められなかった。灌漑終了後は両区の生育差が小さくなった。根長密度は両区ともに表層で最も高く、中層と深層で低かったが、灌漑終了後には中層でも高い値を示した。表層では土壤含水率が高い期間にはW区で高く、これは過剰水分に対する反応の一つである不定根の発生によるものであることが推察された。比根長はW区の表層で著しく高く推移した。菌根菌感染率はW区で常に低く、特に中層での値が低く推移したことが特徴的であった。菌根菌バイオマスは灌漑期間にはW区で低い値を示したが、灌漑終了以降には、W区では表層で著しく増大し、中層でもやや増大したのに対して、C区ではやや減少する傾向にあった。深層では両区ともに著しく少なかった。現在、子実収量と収穫期の養分吸収量について解析中である。

以上のように、生育初期の土壤含水率が高い場合に、ダイズは不定根の形成によって耐湿性を確保しようとして、十分な菌根菌バイオマスは確保していないことが示唆された。不定根には通気組織が形成されるので、好気性菌である菌根菌の菌糸が通気組織の形成とどのように関係して伸長するかについても調査を進めたいと考えている。さらに、過剰水分条件後に生じる著しい乾燥条件における初期の菌糸ネットワークの形成の役割について明確にしたい。菌根菌と共生することで宿主植物では養分吸収が促進されると言われ、ポット試験や滅菌土壤を用いた接種試験ではその効果が現れることが多い。一方、菌根菌のバイオマスは種々の環境要因により変動するので、圃場での接種試験では効果が明確でない場合もあり、作物生産の現場での応用事例が必ずしも多くない。今後は転換畑において土着の菌根菌を利用する可能性を探りたいと考えている。

P-6 異なるリン源が *Sesbania cannabina* の生育ならびに根粒形成に及ぼす影響

松村篤*・佐伯聰一・大門弘幸

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

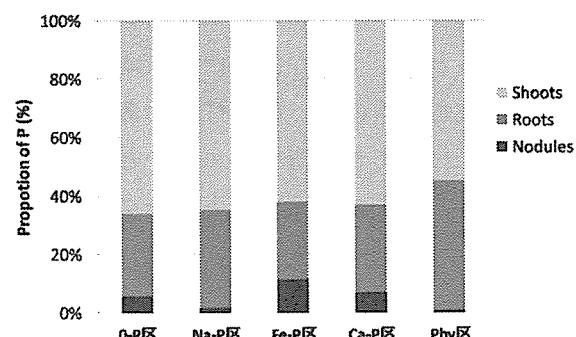
(*E-mail : matsu@plant.osakafu-u.ac.jp)

【目的】夏作マメ科緑肥作物として普及し始めた *Sesbania cannabina* は、難溶性無機リン酸に対する高い吸収能を有することが知られており、土壤蓄積リンの再資源化を可能とする緑肥として期待されている。しかし、有機態リンであるフィチン吸収の可否や吸収したリンの各器官への分配については不明な点が多い。そこで、異なるリン源を施用した場合の *S. cannabina* の生育と器官別のリン吸収量ならびに根粒形成について明らかにすることを試みた。

【材料および方法】リン処理区として、1) リン無処理 (0-P) 区、2) リン酸ナトリウム処理 (Na-P) 区、3) リン酸三カルシウム処理 (Ca-P) 区、4) リン酸第二鉄処理 (Fe-P) 区および5) フィチン酸ナトリウム処理 (Phy) 区の5処理区を設け、リンの吸着が低い条件 (実験1) と高い条件 (実験2) で *S. cannabina* ‘田助’ (雪印種苗より入手) を栽培した。

(実験1) グロースポーチ試験 B&D 培地を基本とし、リン濃度が 20ppm (リン無施用区は 0ppm) となるように各リン源を添加した培養液 25ml を添加したグロースポーチに、発芽後 3 日目の *S. cannabina* 実生を移植し、人工気象室内 (25°C, 16hL/8hD) で生育させた。移植時に 200 μl の根粒菌懸濁液 ($1 \sim 5 \times 10^8$ cells/ml) を接種した。培養液は 1 週間ごとに交換し、播種後 28 日目に地上部、根、根粒に分けて採取し、乾物重とリン含有率を測定した。**(実験2) ポット試験** それぞれのリン源を 100mg/kg となるように混和した赤玉土を充填した小型ビニールポットに *S. cannabina* を播種し、上述した濃度の根粒菌懸濁液 2ml を接種した。実験はガラス室内で行い、播種後 42 日目に採取し、乾物重とリン含有率を調査した。

【結果および考察】 いずれの実験においても、Na-P 区で生育が最もよく、各器官のリン含有量も高かった。Ca-P 区および Fe-P 区では、0-P 区よりもリン含有量が高い値を示した。土耕試験 (実験2) では、Fe-P 区で根粒の肥大が著しく、アセチレン還元活性が最も高かったが、葉中クロロフィル含量は低く、植物体の生育促進は認められず根粒の寄生的な作用が示唆された。有機態リンである Phy 区では、養液栽培のグロースポーチ法ではフィチンをリン源として利用したことが示されたが、土耕栽培では 0-P 区との間にリン含有量に差がみられず、根粒形成を阻害する傾向がみられた。器官別のリン含有量の結果から、根と根粒に蓄積されるリンが比較的多く、Fe-P 区では根粒の蓄積割合が他の処理区に比べて高かった (第1図)。以上のように、*S. cannabina* は難溶性無機リンの利用は可能であるが、フィチン利用能については明確な結論が得られなかった。なお、リンの形態によって根粒形成の様相が顕著に変化したが、この現象についてはさらに解析を進めたいと考えている。



第1図 各処理区における吸収したリンの分配率
*各処理区7回の平均を示す

P-7 混植林における¹⁵Nの動態からみたヤブツバキ吸収窒素の由来

堀内達也・巽 二郎

京都工芸繊維大学 生物資源フィールド科学教育研究センター

(連絡先 tatsumi@kit.ac.jp)

Dynamics of ¹⁵N natural abundance and nitrogen utilization in *Camellia japonica* planted in company with nitrogen-fixing *Alnus sieboldiana*

Tatsuya HORIUCHI and Jiro TATSUMI

(Kyoto Institute of Technology)

伊豆諸島の利島は日本におけるつばき油の最大の産地をなしている。利島は貧栄養の火山灰土壌に覆われ、ヤブツバキ(*Camellia japonica*)の幼木を定植する際に窒素固定能を有するオオバヤシャブシ(*Alnus sieboldiana*)が混植される例が認められる。これは利島の伝統的な栽培法で、土壤肥沃度の向上をめざした持続的農法であると考えられる。本研究では、ヤブツバキ～オオバヤシャブシ混植栽培がヤブツバキ窒素利用に及ぼす影響を、とくに窒素安定同位体自然存在比 ($\delta^{15}\text{N}$) の動態に着目して調べた。

【材料と方法】

実験1. 利島での調査：利島においてヤブツバキのみの植栽地である対照区、オオバヤシャブシの個体数がヤブツバキとの合計個体数の約20%をしめる混植区A、同じく約50%をしめる混植区Bの3調査区を設け2009年7月に調査を行った。各区においてランダムに各々3個体ずつのヤブツバキとオオバヤシャブシを抽出し、葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値を求めた。同時に土壤を採取し、P、N含有率等を求めた。

実験2. ポット栽培実験：1つのポットにヤブツバキを2個体植えるヤブツバキ対照区、ヤブツバキとオオバヤシャブシを各1個体植える混植区、オオバヤシャブシを2個体のオオバヤシャブシ対照区の3区を設け、リターは全て取り除いた。

【結果と考察】

実験1ではヤブツバキ葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は対照区と比べて混植区では大気中の $\delta^{15}\text{N}$ 値 (= 0) に近い値を示した。また、混植区では土壤pHが低く、土壤中の硝酸イオン濃度や可給態リン酸濃度が高かつた。実験2のポット栽培では、リンの種類にかかわらずヤブツバキ対照区と比較して混植区の $\delta^{15}\text{N}$ 値が実験1と同様に大気中の $\delta^{15}\text{N}$ 値に近い値であった。また土壤のpHも混植区のほうが低い値を示した。

実験1の結果から、利島栽培林では混植区のヤブツバキがオオバヤシャブシの固定した窒素を利用している可能性が示唆された。また混植により土壤中の可給態リン酸含有量やpHが変化し、ヤブツバキの生育に影響を与えていると推定された。オオバヤシャブシからヤブツバキへの窒素の移動が、根や根圏を介した、あるいはオオバヤシャブシのリターを通じて直接・間接的に行われる考えられる。実験2においてリターをすべて取り除いたポット栽培の結果、ヤブツバキが隣接したオオバヤシャブシの固定した窒素を利用している可能性が示唆された。以上より混植されたオオバヤシャブシとヤブツバキの間には根や根圏を介した直接的な窒素の移動があるものと考えられる。

P-8

ヘアリーベッチの地下部蓄積窒素が混作エンバクおよび後作トウモロコシの生育と窒素吸収に及ぼす影響

樽井新¹・松村篤²・大門弘幸²¹大阪府立大学生命環境科学部, ²大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
(sr203012@edu.osakafu-u.ac.jp)

イネ科作物とマメ科作物の混作では、マメ科の固定した窒素が根のターンオーバーや浸出液などを通じて混作イネ科に供給され、これが混作効果の一つとしてあげられる。また、窒素固定が旺盛な時期にマメ科の地上部を刈取ると、地下部に蓄積されている易分解性窒素が炭素のソースの消失とともに放出されイネ科が吸収する可能性も報告されている。そこで、イネ科とマメ科の混作により地力を増強してそれらを混作緑肥として利用することを目的に、緑肥用エンバクと被覆作物ヘアリーベッチを混作し、混作がエンバクの生育と窒素吸収に及ぼす影響を明確にし、特にヘアリーベッチの地下部蓄積窒素について混作エンバクと後作トウモロコシの窒素吸収の面から評価することを試みた。

2009年12月4日に、緑肥用エンバク‘エンダックス’とヘアリーベッチ‘まめっこ’を本学実験圃場(4.2m×23m)に播種した。1区面積は1.8m×3.6mとし、エンバク単作区(SA区)、ヘアリーベッチ単作区(SH区)、混作区(M区)、混作刈取り区(MC区：ヘアリーベッチを早期に刈取る)の4処理区を乱塊法3反復で設置した。単作区の播種密度は、エンバクは4.3g/m²、ヘアリーベッチは2.9g/m²とし、株間10cm、条間25cm(6条)での点播した。混作区では両作物を3条ずつとした。MC区のヘアリーベッチの刈取りは開花直前の4月10日に行い、地上部は全て圃場外に持ち出した。5月13日に全ての区において両作物を収穫し、約10cmに細断して速やかにすき込んだ。すき込み後19日間の腐熟期間を設け、6月2日にトウモロコシ‘ゴールドデントKD850’を条間40cm、株間20cmで点播した。すき込み直後から土壤溶液を採取し、無機態窒素含有率の経時的变化を調査した。

エンバク、ヘアリーベッチのいずれも生育初期には単作と混作との間で生育に明確な差異は見られなかった。エンバクの茎立ち期は4月上旬であり、ヘアリーベッチの開花始めは4月中旬であった。ヘアリーベッチの開花直前におけるエンバク茎葉部の窒素含有率は、単作のSA区では8.8 mg/g、混作のM区では13.2 mg/gと混作により明らかに増大した。また、ヘアリーベッチ刈取りのMC区では刈取り7日後頃からエンバクの茎数がSA区やM区に比べて顕著に高くなった。収穫時のエンバクの個体あたり乾物重は、MC区で29.0gと最も高く、SA区で18.9g、M区で15.6gと最も劣った。M区では混作したヘアリーベッチの蔓化によりエンバクの受光態勢が悪化したことが低下した原因と推察される。すき込み後の土壤溶液の無機態窒素含有率は、ヘアリーベッチ単作のSH区と混作のM区ですき込み直後から高く、エンバク単作のSA区とヘアリーベッチ刈取りのMC区では低く推移した。すき込み後に栽培したトウモロコシの葉色値と草丈には、ヘアリーベッチのすき込みによる窒素供給効果がよく現れた。現在、各作物の全窒素含有率とC/N比の経時変化について解析中である。

以上のように、ヘアリーベッチとの混作や開花前におけるヘアリーベッチの刈取りによって、混作エンバクの緑肥としての特性として重要な窒素含有率の増加とそれに伴うC/N比の減少が示唆された。また、それらの実際のすき込みによってトウモロコシの窒素吸収量が増大する可能性が示された。これらの窒素供給におけるヘアリーベッチの地下部および根圈蓄積窒素の役割について論議する。

P-9

スギ細根の現存量と形態の季節変化 —有機物層と鉱物層の比較—

田和 佑脩^{1,2}・武田 博清¹

¹同志社大・理工, ²京大院・農

(連絡先 : ytawa@kais.kyoto-u.ac.jp)

はじめに

細根の NPP は森林生態系において数十%を占めており、その動態を知ることは地下部の炭素動態を知るために重要である。そのため細根量の季節変化の研究が多くなされてきたが、形態がどのように変化するかは明らかになっていない。近年では細根は直径が小さいほど生産と分解のサイクルが速く、呼吸量や養分吸収能力が高くなることがわかってきてている。また、土壤基質は根量や形態と深くかかわっており、土壤基質を考慮することは根の土壤利用様式を把握する上で重要である。そこで本研究では、細根を直径 1mm 以下と 1-2mm に分け、有機物層と鉱物層での根の現存量や形態特性が季節を通してどのような変化をしていくのかを調べた。

材料と方法

本研究は京都市南西に位置する大原野森林公園の 40 年生のスギ林にて行った。林内に 10×20m のプロットを張り、その中に 10 個のサブプロットを設置した。それぞれのサブプロットから 3 ヶ月毎に一ヵ所ずつ土壤コア(直径 5.7cm 高さ 8cm)で表層から 8cm まで土壤を採取し、上部 4cm を有機物層、下部 4cm を鉱物層とした。実験室で生・枯死根をわけ、さらに生根は直径 1mm 以下と 1-2mm に分け WinRHIZO 2007d を用いて形態測定をした後、70°C で乾燥させ、乾燥重量と SRL (mg^{-1})を求めた。

結果と考察

有機物層では、直径 1-2mm の根の現存量は季節間で差はなかったが、1mm 以下の根と枯死根は同じ傾向を示し、初夏に高く、冬場に低くなった。しかし、鉱物層ではどれも季節間に差はなかった。SRL については有機物層、鉱物層ともに 1-2mm の根では季節間で差は見られなかったが、1mm 以下の根では秋～冬にかけて大きく、春～夏で低くなるという傾向を示した。

これらから、季節間での現存量・枯死量の変動に関わるのは主に 1mm 以下の根であり、この根が生産・枯死することで現存量・枯死量が決定されていることが示唆された。また、養分獲得能力の指標である SRL から、有機物層においても生長を維持することができない秋～冬にかけて、有機物層、鉱物層ともに 1mm 以下の根を細く長く伸ばすことで、根全体の養分獲得効率をあげていることが示唆された。

Seasonal patterns of fine root biomass and morphology of *Cryptomeria japonica*

-Comparison of organic soil and mineral soil layers-

Tawa Yusuke^{1,2} · Takeda Hiroshi¹

¹ Faculty of Engineering, Doshisha University ² Graduate school of Agriculture, Kyoto University
(E-mail: ytawa@kais.kyoto-u.ac.jp)

Introduction

It is important to investigate fine root dynamics to understand carbon dynamics because fine root biomass occupied several tens of percent of NPP in forest ecosystem. Many studies reported seasonal change of fine root biomass, but few studies focused on that of morphology. Recent studies concerning fine root suggest that finer roots have higher rates of production and decomposition, respiration and ability of capturing nutrients. Since soil substrates are closely tied to root biomass and morphology, to take into account soil substrates is important to understand soil exploitation pattern of roots. The aim of this study was to examine seasonal dynamics of fine root biomass and morphology in organic soil and mineral soil layers.

Material and Method

This study was carried out at 40 year-old plantation of *Cryptomeria japonica* in forest park of Oharano, southeast of Kyoto city. A study plot measuring 20×10m was established and divided 10 subplots in this area. A soil core sample (diameter 5.7cm, depth 8cm) was collected in each subplot every three months. The soil samples were separated into the upper 4cm, organic soil and the lower 4cm, mineral soil. Roots were separated by living roots and dead roots in laboratory. Living roots were classified by diameter: <1mm and 1-2mm. After separating, root length and mean diameter were measured using image analysis system WINRhizo. And then roots were oven dried (70°C for 48h) and weighed and specific root length (SRL) were calculated.

Results and Discussion

Fine roots 1-2mm biomass didn't varied among seasons in organic soil layer, but fine root <1mm biomass and necromass were varied, high in summer and low in winter. In mineral soil layer there were no differences among seasons. SRL of fine root 1-2mm was constant among seasons in each soil layer, but that of fine root <1mm was higher in fall to winter than in spring to summer. These data suggests that seasonal patterns of fine root biomass and necromass were mainly determined by fine root <1mm dynamics. Also when fine root <1mm biomass does not maintain in fall to winter in organic soil layer, SRL of fine root <1mm becomes higher, probably to increase nutrient absorption ability of the whole fine root system.

P-10

セスバニア属植物のリン吸収に着目した水田転換畑における地力増強効果

佐伯聰一*・松村篤・大門弘幸

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

(*E-mail : saekis@plant.osakafu-u.ac.jp)

水田転換畑における畑作物の経年的な生産力の低下を補う地力増強作物として、マメ科緑肥作物であるセスバニア(*Sesbania*)属植物の導入が試みられている。本属植物は高い窒素固定能力をもち、難溶性無機態リンの吸収にも優れるとされている。本研究では、*S. rostrata*と*S. cannabina*のリン吸収能に着目し、緑肥としてのすき込みが後作物の養分吸収に及ぼす影響を転換畑での圃場試験とすき込み量を異にしたポット試験で明らかにすることを試みた。また土壤蓄積有機態リンの緑肥すき込みによる無機化の可能性について検討した。

2009年6月15日に、本学実験圃場内の水田転換畑(10×17 m)に*S. rostrata*を播種し、開花前にあたる9月24日に刈り取り、細断後速やかにすき込んだ。その際、地上部と地下部の両方をすき込む区(T+R区)、地下部のみをすき込む区(R区)、非すき込み区(F区)の3処理区(2 m×1 m/区)を設け、これまでに知見のない地下部の評価を試みた。後作物として11月9日にコムギ(農林61号)を播種し、翌年5月26日に収穫して収量と養分吸収量を調査した。また、2010年に同様に圃場で栽培した*S. rostrata*と*S. cannabina*を用い、1/5000aワグネルポットにせき薄な赤玉土を充填し、細断した茎葉をすき込んだ。処理区として生体重で*S. rostrata*を50 gまたは150 g、*S. cannabina*を150 gすき込む区と非すき込み区をそれぞれ設け、コマツナ(楽天)を播種し、生育と養分吸収量を調査した。さらに、*S. rostrata*については、すき込みが土壤中の有機態リンの無機化を促進する可能性に着目し、フィチンを添加した土壤に茎葉別の乾燥粉末試料を混和してインキュベーション試験を行い、無機リン含有率(Bray2法)の経時的変化を調査した。

圃場試験:コムギの収量とNおよびPの吸収量は、T+R区、R区、F区の順に優り、Nについては地上部から1.00 gN/m²、地下部から0.67 gN/m²を、Pについては地上部から0.86 gP/m²、地下部から0.25 gP/m²をそれぞれ吸収したことが試算された。すなわち、地下部の供給量は地上部に対してNでは約67%、Pでは約30%となり、地下部のもつ供給能力が必ずしも低くないことが示唆された。

ポット試験:コマツナの生育は両種の150 gすき込み区で旺盛であり、緑肥としての養分供給力の高さが示唆された。すなわち、播種後27日目の収穫期の地上部生体重は、両種の150 gすき込み区では50 gすき込み区と非すき込み区に比べて有意に増加し、葉色値も極めて高かった。NとPの吸収量については分析中である。また、刈取り時期の異なる両種をすき込み、養分供給能力のすき込み時期による差異を検討中である。

インキュベーション試験:フィチンを添加した区のリン酸含有率は培養30日目においても全リン含有率に比較して著しく低く、緑肥をすき込んでもフィチンからのリンの無機化は速やかには生じないことが推察された。しかし、リン酸含有率は何れの処理区でもフィチンを添加しなかった区よりも高く、その程度は葉よりも茎の混和区で顕著であり、C/P比の高い茎のすき込みの方が有機態リンの無機化を誘導し易い可能性が示唆された。

西南暖地の水田転換畑において、転換直後の地力が高い時期は*S. rostrata*を生育後期まで栽培し、根を地下深くまで伸長させることで排水性を高め、NとPの長期的な供給源として利用し、また、有機態リンが多く蓄積している圃場ではC/P比が高い茎部が多い資材をすき込むことで、可給態リンを根圏土壤で増加させる可能性が示唆された。一方、転換後の時間経過とともに地力が低下した圃場では、葉の割合が高い8月下旬から9月上旬の生育段階のものをすき込むことで、比較的早期に地力増強が可能であることが示唆された。

P-11

根の表面近傍電位計測に関する基礎研究

高橋三男^{a)}・永吉 浩^{b)} (東京高専・物質工学科^{a)}・電子工学科^{b)})・仁木輝緒 (拓大・工)

(taka@tokyo-ct.ac.jp)

演者らは、これまで根研究集会において、マイクロセンサーを用い、湛水下での根表面近傍の酸素濃度を計測し報告してきた。根表面近傍の酸素濃度は近似的にはそれらの部位での根の呼吸活性を反映しているものと考えられる。近年、根の表面近傍で観察される表面電位を測定することで、根の成長状態や分裂の機能における生理学的構造の研究手段として注目されてきている。そこで我々は、根の表面近傍の電位測定を可能とする装置の開発を行うと共に、この装置により幾つかの知見が得られたので報告する。

1,000 ml 容量のトールビーカを栽培容器とし、ビーカの内側に濾紙を巻きその内側にバーミキュラライトを入れ、水を加え、上部をアルミホイルで覆った。オートクレーブで滅菌後、トウモロコシ (*Zea mays*)、またはエンドウ (*Pisum sativum*) をビーカと濾紙の間に播種し、25°Cで連続暗黒で発芽・生育させた。播種 3~4 日目、約 5 cm に伸長した種子根を計測の試料とした。

根の表面近傍電位測定する装置の概略を図 1 に示す。探針の電極にはタングステン線 ($\phi 200 \mu\text{m}$) を、対極には (Ag / AgCl / sat. KCl) を使用した。電解溶液は 0.1 mM KCl、根の固定には組織培養に用いられる Gellan Gum (1 %) を使用した。測定は、探針を固定し、根を乗せた水平の X ステージを移動させる方式とした。マイクロマニュピュレータは、 $1 \mu\text{m}$ 刻みを制御可能とするものを使用し、測定は先端から 20 mm の根の位置から、1 秒間に $1 \mu\text{m}$ の速度で根先端に向けてステージを移動させることによって測定を行った。

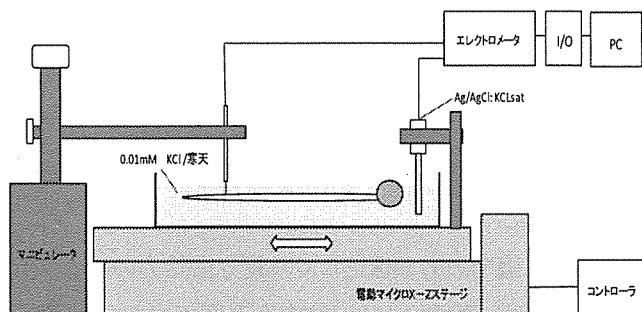


図 1 電位測定装置の略図

トウモロコシの根の表面近傍（接触）電位の測定結果を図 2 に示す。

根の伸長方向軸に沿って根表面近傍（接触）電位を測定すると電位変位が計測された。先端 20 mm から 2 mm まで電位は連続的に微振幅しながら上昇してゆくのが観察された。しかし、先端 2 mm あたりから急激に電位降下が起きた。子細に観察すると先端 1 mm の位置からさらに降下度が高くなっているのが分かる。そして根先端分近傍でもっとも低くなっていた。

発生する電位の理論的説明が種々試みられている。本研究から得られる結果からも、根表面近傍（接触）での電位変化が根の生理学的構造に対応する情報が含まれているため、今後詳細に検討を試みていきたい。



図 2 トウモロコシの根の表面近傍（接触）電位

P-12

テオシント(*Z. nicaraguensis* および *Z. mays* ssp. *huehuetenangensis*) の 水田転換畑での湛水処理条件下における耐湿性について

Waterlogging tolerance of two teosinte species under flooded paddy condition.

川口健太郎*、Md Emdadul Haque、森正彦、安倍史高、小柳敦史

農研機構 作物研究所

(*連絡先 : kentaro@affrc.go.jp)

【はじめに】 わが国では、麦類、ダイズ、トウモロコシなどの畑作物を水田転換畑で栽培する際に生じる湿害が問題となっている。耐湿性の強い品種を育成するためには、過湿な土壤条件下でも生育量が低下しにくい形質を持つ遺伝資源を見いだすこと、耐湿性のメカニズムを理解することが重要である。本研究では、耐湿性の主要因である根の通気組織形成能や湛水条件下における地表根形成能が高いとされるテオシントを栽培し、湛水処理条件下での生育状況を比較した結果を報告する。[We grew two “teosinte” species which have different abilities of root aerenchyma formation or adventitious roots development. Their different tendencies of growth in experimental paddy fields under flooding condition will be reported.]

【材料と方法】 供試したテオシントは、*Z. nicaraguensis* (nica ; ニカラグアの低湿地に分布し根の通気組織形成能が高い) および、*Z. mays* ssp. *huehuetenangensis* (hueh : グアテマラの山間部の傾斜地に分布し地表根形成能が高い) であり、それぞれ CIMMYT、USDA 収蔵の種子を間野吉郎博士（畜産草地研究所）より分譲いただいた。また、トウモロコシ自殖系統 Mi29 (九州沖縄農業研究センターより分譲) を比較のため使用した。中央農業総合研究センター谷和原水田（茨城県つくばみらい市）の隣接する2枚の試験圃場を用い、一方を対照区とし他方を過湿区とした。2010年5月17日に播種し温室で育成後、6月8日に圃場に移植した。過湿区は地表上5cmの湛水条件とし、7月20日より8月9日まで3週間継続した。調査項目は、草丈、茎数、重量、SPAD値および地表下10cm深の土壤の酸化還元電位である。

【結果と考察】 3週間の湛水処理により土壤の酸化還元電位は低下し、その平均値は処理区で+211mV、対照区で+546mVであった(8月9日)。同日の生重は、対照区比で Mi29, nica, hueh それぞれ 56, 59, 27% であり、SPAD 値は 29, 86, 54% となった。この結果より、通気組織形成能の高い nica は水田の湛水条件への適応能力が高く、耐湿性が強いことが示された。hueh は数多くの地表根を形成し、そこから地表の酸素を取り込んで過湿条件下でも良好な生育を示す性質を持つが、地表上5cmまでの湛水処理で酸化還元電位が低下した条件では、地表の空気の利用効率が下がり、hueh の耐湿性が発揮できなかつた可能性がある。トウモロコシは、生重低下が小さかったが、テオシントに比較して早生で、湛水処理時の個体の生育段階が進んでいたことが影響したと考えられる。本試験では、これまでになされていなかつたテオシントの圃場条件の耐湿性検定により nica はポット試験と同様に圃場においても耐湿性が強いことが確認できた。この遺伝資源を用いて、コムギの耐湿性向上のための研究を進めている。

(本研究は生研センターイノベーション創出事業により実施された。試験の遂行にあたり、畜産草地研究所間野吉郎博士、東京大学中園幹生博士及び作物研究所島村聰博士より有益なご助言をいただいた。記して感謝する。)

P-13 浸透圧ストレス条件下でのトウモロコシ側根原基および周辺組織における網羅的遺伝子発現プロファイリング

豊福恭子*・小川敦史

(秋田県立大学 生物資源科学部, 連絡先: kyotoyo@akita-pu.ac.jp)

Global gene expression profiling of maize lateral root tissues under the osmotic stress

Kyoko Toyofuku * and Atsushi Ogawa

(Akita Prefectural University; kyotoyo@akita-pu.ac.jp)

根系の大部分を形成する側根は、土壤からの養水分吸収を一手に担い植物の生長を支えている。そのため植物にとって側根の形成は最も重要な形質の一つである。特に、養水分吸収が阻害されることにより植物の生育障害が起きる浸透圧ストレス条件下では、いかに側根の生長を維持し養水分の吸収を維持するか、すなわち地上部への養水分の供給をいかに維持できるかが、生育・生存のための重要な鍵となる。浸透圧ストレス条件下での側根形成に関わる分子生物学的背景を明らかにすることで、ストレス条件下での側根形成過程の解明につながると考えられる。

形態形成のような複雑な生命現象には複数の遺伝子が関与し、相補しあいながら一つの現象を形成していると考えられる。本研究では、側根原基形成部位組織、およびレーザーマイクロダイセクション法を用いて顕微鏡下で採取した側根原基、それぞれから total RNA を抽出し、浸透圧ストレス条件下での両組織の発現変動遺伝子のプロファイリングを目的に網羅的解析をおこなった。

【材料および方法】

材料にはトウモロコシ実生の種子根を用いた。催芽処理後、水耕液へ移植し3日目に水ボテンシャルが-0.21 MPa になるように水耕液中にポリエチレングリコール 6,000 を溶解した（浸透圧ストレス区）。組織サンプル：処理1日後、種子根軸上の根端から約 1.5 - 3.5cm の部位（約 2 cm、側根原基形成部位）をサンプリングした。

側根原基サンプル：処理1日後、種子根軸上の根端から約 2-3cm の部位（約 1 cm、側根原基形成部位）を包埋剤内で凍結させた後クライオスタットで凍結切片を作成し、レーザーマイクロダイセクションシステム(ASLMD, Leica)を用い、顕微鏡下で切片から側根原基のみを切り出した。

組織サンプルからは RNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN)、側根原基サンプルからは RNAqueous-Micro (Ambion) を用いて total RNA を抽出し、Agilent Technologies 社の maize 44k oligo microarray を用い1色蛍光法によりそれぞれマイクロアレイ試験を行った。この結果をもとに、浸透圧ストレス区と対照区での発現変動遺伝子を比較することにより、トウモロコシ側根原基および周辺組織におけるストレス条件下での発現遺伝子の比較を行った。

【結果および考察】

対照区と浸透圧ストレス区の比較においてストレス区で発現上昇・減少がみられた遺伝子を抽出し、これら発現変動遺伝子リストに対する Gene Ontology (GO) 解析の結果をまとめ、類似遺伝子リストを作成した (Biological Process, Molecular Function, Cellular Component)。また、キーワードを用いた遺伝子セット全体の発現変動について統計検定を行った結果から、浸透圧ストレス下でのトウモロコシ側根原基およびその周辺組織で起きている現象を以下に考察する。

側根原基では、物質の輸送や糖などの代謝を止め、ストレスに応答しつつ細胞の維持や分裂活性の維持継続を優先的に行っていた。そしてその周辺組織である側根原基形成部位ではほぼすべてのキーワード遺伝子セットが有意に発現上昇していたことから、浸透圧ストレスに対応するべく地上部と連携して物質の輸送や糖の転流・代謝活性を上昇させ浸透圧維持を優先的に行っていると推測される。かつ細胞の維持や分裂活性の維持継続も行っていた。

浸透圧ストレス下でトウモロコシが根系を拡大し養水分の獲得を維持しようとする可塑性現象について、特定の細胞群（側根原基）とその周辺組織の網羅的発現解析により、分子生物学的背景の一端を明らかにすることができた。

P-14 外生菌根菌は樹木生理機能を変化させるのか？ ～コナラ実生の根呼吸・光合成に着目して～

○牧田直樹^{1*}・平野恭弘²・吉村謙一³・小杉緑子¹・川村あゆみ¹・山中高史⁴

¹京都大・農, ²名古屋大・環, ³神戸大・農, ⁴森林総研

(連絡先: naokimakita@affrc.go.jp)

はじめに

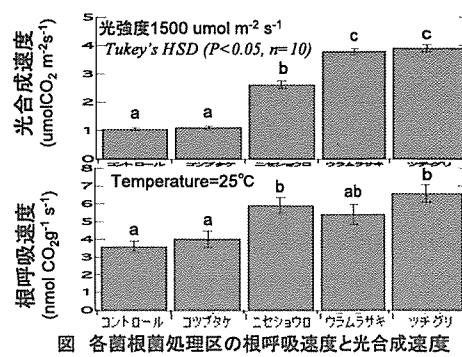
多くの植物の主要な共生菌である菌根菌は、エネルギー源として共生相手となる植物から光合成産物を得る一方で、土壤中に張り巡らした菌糸から、主にリンや窒素を吸収して植物に供給することが知られている。また、土壤中の毒性物質の吸収阻止、病原菌の感染阻止など、菌根菌が植物に与える影響は大きい。したがって、菌根共生は、植物が生存・生育していく上で極めて重要な役割を担っている。これまでの菌根菌と樹木の研究では、菌根菌の感染によって成長量および現存量を変化させていることは報告されている。しかしながら、菌根菌の感染が、樹木の根や葉の生理特性や形態特性をどのように変化させているのかは議論の余地を残している。そこで本研究では、落葉樹であるコナラ(*Quercus serrata*)と外生菌根菌の共生関係に着目し、根呼吸および根の形態特性、および葉の光合成や形態特性が、菌根菌の感染に対してどのような反応を示すのかを測定した。また、根と葉の生理的・形態的特性が、外生菌根菌の種類によってどれくらい変化するのかも調査した。

材料と方法

オートクレーブで滅菌したパーライトと赤玉土の混合土壤に、コナラの種子を播種し、発芽したものを、大型ポット（容量983 mL）に移した。コナラ苗は、屋外の空調付きの温室で育苗させた。発芽して約1ヵ月に、コナラ苗の表面土壤を除去し、地際部に拡がる根を露出させ、菌糸懸濁液を注いで菌根菌を接種した。摂取区として、ツチグリ (*Astraeus hygrometricus*)・コツブタケ (*Pisolithus tinctorius*)・ウラムラサキ (*Laccaria amethystea*)・ニセショウロ (*Scleroderma citrinum*)、および非摂取区の合計5つの処理の苗をそれぞれ10本ずつ用意した。菌摂取から約8ヵ月後に、菌根菌の感染率と、根と葉の生理機能を測定した。対象個体の地下部の情報として、根呼吸速度(GMP343)、また根長・乾燥重量を測定し、比根長(SRL: mm g^{-1})をもとめた(n=10)。地上部の情報として、葉の光合成(Li-6400)や葉の面積・乾燥重量を測定し、比葉面積(SLA: $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)をもとめた(n=10)。

結果と考察

菌根菌感染率と根呼吸速度の関係をみると、非摂取のコントロール区と感染率が低かったコツブタケ区は、他の菌種区に比べ、呼吸速度が低くなる傾向がみられた(図)。感染率と光合成速度の関係もまた、同様に、コントロール区とコツブタケ区は、他の菌種処理区に比べ、有意に光合成速度が低くなることが明らかとなった。菌根菌の種類の違いを比較すると、根呼吸速度では、ニセショウロ区とツチグリ区が高い値を示し、光合成速度では、ウラムラサキ区とツチグリ区が高い値を示した。これらの結果から、菌根菌の感染率および種類の違いは、コナラ苗の根呼吸および光合成といった生理機能を変化させることが明らかとなった。したがって、菌根菌との相利共生は、樹木の生理機能を左右する重要な役割を担っていることが示唆された。



P-15 敵立ての有無と前作の違いがダイズ不定根に与える影響

池永幸子*・大野智史・足立一日出・細川寿・関口哲生

中央農業総合研究センター北陸研究センター

(*連絡先 ikenagan@affrc.go.jp)

1. はじめに

北陸地域は重粘な土壤が広く分布しており、水田転換畠でダイズを栽培する際には、排水など湿害を軽減する対策が必須である。湿害回避の方策のひとつとして開発された耕うん同時敵立て播種技術は、ダイズの苗立ち率を向上させることや、収量や品質の向上をもたらすことが明らかになっている（細川 2006,2008）。しかし、ダイズ根へ与える影響については検証されていない。そこで、本研究では、耕うん時の土壤水分や排水性が異なるダイズ跡圃場と水稻跡圃場において、耕うん同時敵立て播種機によって敵を立てた敵立て区と敵を立てない平敵区を設け、前作の違いと敵立ての有無がダイズ根、特に培土によって発生した不定根に与える影響について検討した。

2. 材料と方法

北陸研究センター内の前作が異なる2圃場（A圃場(Lic)：前作はダイズ、B圃場(Lic)：前作は水稻）でダイズ（品種：エンレイ）を栽培した。耕うん同時敵立て播種機を用いて、敵立て区と平敵区を2反復で設けた。2009年6/3に播種し、6/19に間引いて苗立ち数を14本/m²に揃えた。施肥や病虫害防除は新潟県防除指針に従った。7/6に中耕培土を行い、初生葉節（約9cm）まで培土した。7/27と8/12にルビジウム濃度を4%に調整した0.5%寒天ゲルを培土部分（表層下5cm）と培土から下層の部分（表層下14cm）に注入し、それぞれ7/31（開花期）と8/18（最大繁茂期）にサンプリングを行った。サンプリング時には、培土をした部分の根を不定根とし、発生根数を数えた。部位別のルビジウム濃度は、1M HClで抽出後、ICP-ASで計測した。

3. 結果と考察

- 1) A圃場の表層の碎土率は、敵立て区が83.4%，平敵区が79.4%となり、B圃場の場合は、敵立て区が46.1%，平敵区が32.1%となった。敵の高さは、A圃場は敵立て区が15.0cm、平敵区が5.0cm、B圃場は敵立て区が12.8cm、平敵区が6.7cmとなった。梅雨明け後の下層土における粗間隙量の減少量は、A圃場よりB圃場が大きかった。
- 2) 不定根数および発生密度は、開花期および最大繁茂期とともに圃場間差がみられ、A圃場はB圃場の2倍の不定根が発生した。しかし、A圃場、B圃場ともに敵の有無による違いは見られなかった。
- 3) 開花期の根の活性は、A圃場がB圃場より高くなり、部位別では不定根が下層根より高くなった。敵の有無の違いは見られなかった。最大繁茂期には、いずれの要因間にも差は見られなかった。開花期の不定根へのルビジウム吸収に対する依存程度は、B圃場がA圃場より高くなかった。

以上から、水稻跡は不定根の発生量が少なく活性も低いが、養水分吸収に対する依存度は高いと考えられた。これは碎土率が低いことや下層土の排水不良などが原因として推察される。また、敵立て区の不定根は平敵区の不定根より地下水位面から高い位置にあるため、乾燥ストレスの影響が懸念されたが、調査年では明瞭な差は現れなかった。

P-16 細根の形態と呼吸との関連

山本早紀、夜久涼子、池野英利、大橋瑞江

兵庫県立大学 環境人間学部

(連絡先 山本早紀 sa_ki_0524@yahoo.co.jp)

【背景と目的】

根系は形態だけでなく機能の異なる根が集まってできており、粗根と細根の大きく2つに分類できる。粗根は長寿命で輸送・固定・貯蔵の機能を持ち、細根は短命で養水分の吸収機能を持つ。一般に直径2mm以上の根を粗根、直径2mm以下の根を細根と分類する(Pregitzer et al. 2002)。細根は葉で光合成した際に作られた炭素を、呼吸によって二酸化炭素として大量に大気に放出する。従って森林生態系の炭素収支を知るために、細根呼吸を正確に評価することが必要である。また、細根呼吸は根の成長や枯死、養水分の吸収といった生理活動と密接な関係があり、それらのメカニズムを知るうえでも重要である。細根呼吸は環境や形態によって変わるとされており、形態については細根の直径との関連が報告されている(Makita et al. 2008)。しかし直径以外の形態指標との関わりはいまだ明らかでない。そこで本研究では、樹木細根の分岐形態と呼吸量との関連を検討することとした。

【材料と方法】

兵庫県姫路市に生育するケヤキ(*Zelkova serrata*)・コナラ(*Quercus serrata* Murray)・クスノキ(*Cinnamomum camphora*)・ソメイヨシノ(*Prunus × yedoensis* Matsumura)、及び宍粟市に生育するスギ(*Cryptomeria japonica*)の5樹種について、それぞれ2個体から3サンプルずつ、計30サンプルの細根を採取した。採取した細根は実験室に持ち帰って根呼吸測定装置(MIJ-08、日本環境計測)と乾重を測定し、呼吸量($\mu\text{mol h}^{-1}$)を求めた。その後、細根を塩化ビニル板に釣り糸で固定し、カメラで撮影した画像を用いて分岐の次数、次数ごとの分岐数を調べた。次数は根の先端を1次根とする方法(Pregitzer et al. 2002)で行った。

【結果と考察】

各サンプルの呼吸量は、重量の増加と共に直線的に増加した($r = 0.96, P < 0.01$)。また呼吸量との全分岐数との間に有意な正の相関が認められた($r = 0.36, P < 0.05$, Fig. 1)。重量と全分岐数との間に相関は無かったことから($r = 0.31, P > 0.05$)、細根の呼吸量に対し全分岐数は重量とは独立に関連しており、分岐数の増加は細根の呼吸量の増加をもたらすと考えられた。今後、樹種や土壤環境条件を同一にした実験を行うことで、形態と呼吸量との関係をより明瞭に検討することが出来ると考えられる。

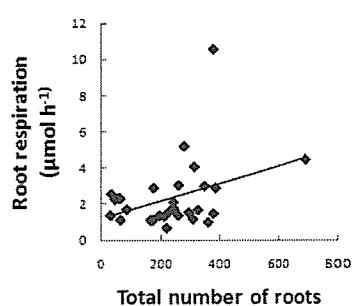


Fig. 1 Relationship between total number of roots for each root order and fine root respiration (n=30). The regression equation is $Y = 0.0048X + 1.24$.

P-17 細根呼吸の測定における前処理の検討

～洗浄・切断のもたらす影響～

夜久 涼子^{1*}・牧田 直樹²・平野 恭弘³・福田 圭佑¹・山本早紀¹・大橋 瑞江¹¹兵庫県立大・²京都大・³名古屋大

(*連絡先 r_yaku87@yahoo.co.jp)

<はじめに>

細根は一般に直径 2mm 以下の根を指し、2mm 以上の粗根とは、形態だけでなく機能的にもいくつかの点で異なっている。例えば細根は樹木が生きていくために必要不可欠な養水分の吸収を行っている。また、細根は粗根よりも成長枯死が速く、枯死した根が分解されることで土壤に無機栄養分が供給されることから、細根は土壤の物質循環に貢献している。さらに細根は、葉で光合成により作られた炭素を呼吸を通して放出することから、生態系の炭素循環とも関わっている。細根が呼吸を通して放出する CO₂は、直径が細いほど多いと言われており、細根の呼吸速度とその制御要因を解明することは、樹木の生理メカニズムを解明するだけでなく、森林の炭素循環の全容を理解するうえでも重要であると考えられる。

細根の呼吸を測定する方法のうち、最も広く用いられているのが根を土から切り出して測る直接法である。直接法は簡便で労力が少なくて済むことから、これまで最も一般的に用いられている方法であるが、サンプルを CO₂ 分析器に入る前の扱い方（前処理）が測定値に大きな影響をもたらす可能性があると、いくつかの研究で指摘されている (Zoltan Rakonczay et al., 1997, Cynthia C. Lipp and Christian P. Andersen, 2003)。特にサンプル採取時の切断方法やその後の洗浄処理の有無は実験者によって様々である。これらの前処理の影響を明らかにして、直接法における標準的なサンプルの処理法を、今後確立していく必要があると考えられる。

そこで本研究では、スギの苗木と成木を対象に、細根サンプル採取時の切断回数とその後の洗浄の有無が細根の呼吸量にもたらす影響を明らかにすることを目的とした。

<方法>

温室の中で育てた 1 年生のスギ (*Cryptomeria japonica*) の苗木と、兵庫県宍粟市に生育する 30 年生のスギ成木を用いて、以下の二つの実験を行った。

[洗浄実験] 土から切り出して根系全体を水で丁寧に洗浄した処理根と、水で洗浄せずに土を払う程度の対照根を、苗木の場合 6 個体 1 サンプルずつ、成木の場合 2 個体から 3 サンプルずつ用意した。これらの細根は、処理直後から連続 10 分間、専用の測定装置（装置名）を用いて呼吸量を測定した。

[切断実験] 洗浄実験と同様に根系全体を水で丁寧に洗浄した後、地上部が付いた状態のサンプル根（切断なし、苗木のみ）と、地上部と根を分離しただけのサンプル根（1ヶ所切断）、地上部と根の分離に加えて根自体にも切断処理を加えたサンプル根（苗木:3・5・10・20・ヶ所切断、各 6 個体、成木:5・10・30ヶ所切断、各 2 個体 3 サンプルずつ）を用意した。呼吸量の測定は処理後すぐに連続 10 分間を行い、チャンバー内の CO₂ 濃度 (ppm) の変化、根の乾重 (g) から根呼吸量 ($\mu\text{molCO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) を算出した (Makita et al., 2009)。

<結果と考察>

苗木の根呼吸量の平均値について、洗浄を行った場合と洗浄を行わなかった場合との間に有意な差は生じなかった (t 検定, $p > 0.05$) (図 1)。一方、成木の場合は、洗浄を行った方が洗浄を行わなかった場合と比べて呼吸量が高かった。この結果から、苗木の細根は成木よりも乾燥に強い可能性があると考えられる。

切断実験では、苗木の場合は、切断なしと 10 か所切断、切断なしと 20 か所切断の根呼吸の間に有意な差が生じた (Tukey, $p < 0.05$)。しかし成木では、切断回数による呼吸量の違いはみられなかった。したがって苗木では 10 か所以上の切断により、傷害呼吸が激しく生じる可能性があると考えられる。

これらの実験によりスギの細根呼吸を測定する場合、成木は乾燥の影響を考慮する必要があること、苗木は切断回数を極力減らして測定を行う必要があることが示された。

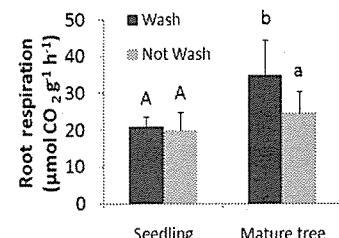


Figure 1 Comparison of fine root respiration between rinsed and no-rinsed samples. There were statistically significant differences between different alphabets. Error bar indicate the standard error ($n = 6$).

P-18 ヒノキ高齢人工林における土壤呼吸構成要素の評価

森田佳奈 福田圭佑 大橋瑞江

兵庫県立大学環境人間学部

(morikana_1124@yahoo.co.jp)

背景

土壤呼吸は主に根の呼吸・微生物の呼吸などの構成要素からなる。しかし、野外でそれらを分離することは難しく、土壤呼吸に対する各構成要素の寄与度やそれらの経時的な変化、環境要因との関連は十分に理解されていない。そこで本研究では、異なる形状の塩ビ製の筒(カラー)を用いて高齢ヒノキ人工林における根呼吸と微生物呼吸を分離し、それぞれの季節変動と温度・水分との関係を明らかにすることを目的に実験を行った。

方法

測定は、2010年1月から10月まで毎月1回、兵庫県宍粟市一ノ宮町東河内株山共有林内にある高齢ヒノキ人工林で実施した。土壤呼吸の構成要素を分離するために、直径10cmの塩ビ製パイプから作成したSカラー(長さ3cm)とLカラー(長さ25cm)を土壤に埋設し、Lカラーから放出する二酸化炭素を土壤微生物の呼吸、SカラーとLカラーから放出される土壤呼吸の差を根の呼吸とした(Heinemeyer et al., 2007)。人工林に3か所の試験地を作成し、各試験地にSカラーとLカラーをそれぞれ3つずつ、計18ヶ所埋設した。そして各カラーからの土壤呼吸量(EGM-4、PP-Systems)を測定した。同時に土壤温度(防滴型デジタル温度計、SK SATO)と土壤水分(ハンディロガーネット、Delta-T)も測定した。

結果・考察

根呼吸・微生物呼吸とともに、冬に低く、夏に高い値を示し、明瞭な季節変化が見られた(Fig. 1)。根呼吸及び微生物呼吸と温度の相関係数 r は、それぞれ $r=0.63$ ($P<0.01$)、 $r=0.87$ ($P<0.01$)と、明瞭な正の指數関係が見られた。微生物呼吸に関しては、 $r=-0.47$ と、水分との間に負の指數関係も見られた。このことから、微生物呼吸は、温度と水分の両方に支配されている可能性が考えられる。一方、根呼吸に関しては、水分との明瞭な相関は見られなかったが、6月と8月に温度が上昇しているにも関わらず呼吸量が減少し、その原因として土壤水分の低下が考えられた(Fig. 1)。したがって根呼吸は主に温度に依存して変化するが、水分量が極端に少ない場合には水分の影響を受け、減少すると考えられる(Bryla et al. 1997)。

1~10月の根呼吸の土壤呼吸への寄与を求めた結果、14~45%の範囲で変動し、平均26%であった。一般的に根呼吸は50%という報告が多く、本実験の値はこれよりも低い。その原因として、試験地が高齢林であることから、成長のための呼吸が減少し、根の呼吸活性は主に維持呼吸のみに由来していた可能性が挙げられる。

In this study, we separated microbial and root respirations from soil respiration using 2 different types of soil respiration collar. Both of microbial and roots respirations were low in winter and high in summer, showing that both respirations have seasonal patterns. Microbial respiration had positive significant relationship with soil temperature, and negative relationship with soil moisture content, suggesting microbial respiration may depend on these two factors. There was positive significant relationship between roots respiration and soil temperature. Since root respiration decreased with the decrease of soil moisture content on June and August even though soil temperature was high, soil temperature is main controller of soil respiration, but dryness in summer might also affect soil respiration negatively. Proportion of roots respiration ranged from 14 to 45%, 26% in average. The value was lower than those of the previous reports, suggesting decrease of growth respiration of roots in this old stand.

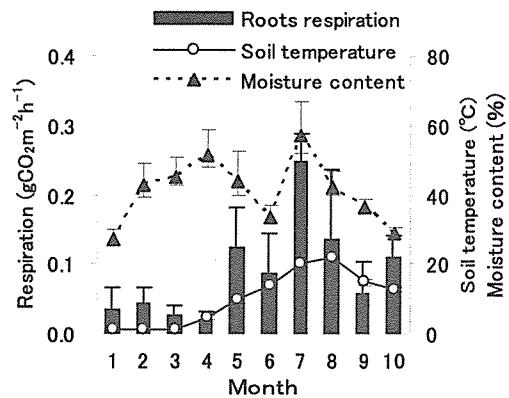


Fig. 1 Seasonal variation of root and microbial respirations, soil moisture content and soil temperature.

第34回 根研究集会のご案内

下記の通り、第34回根研究集会を開催します。多数の皆さんのご参加をお待ちしております。

<日時> 2011年5月14日（土）

<会場> 佐賀大学農学部 1号館 3番教室

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地

Tel&Fax 0952-28-8720

<プログラム>

5月14日（土）

午後 研究発表（一般講演・ポスター発表）

総会

夜 懇親会

<参加・研究発表の申込>

4月15日（金）（開催一ヶ月前）締切。参加申込み書をメールやFaxで送って下さい。

- ・メールの場合、タイトルは「根研究集会申込」としてください。

- ・発表形式は、口頭発表とポスター発表の希望をお書き下さい。ただし、講演時間の都合で、実行委員会から発表形式の変更をお願いする場合があります。

- ・参加費用は当日、受付にて徴収します。

<講演要旨の提出>

4月22日（月）MS-WORDで作成した講演要旨（作成要領は以下を参照）を電子メールの添付ファイルで申込先に送って下さい。メールが使えない場合は、郵送でお送り下さい。メールの場合、タイトルは「根研究集会講演要旨」としてください。

<申込先・問い合わせ先>

佐賀大学 農学部 有馬 進

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地

Tel.&Fax 0952-28-8720 E-mail arimas@cc.saga-u.ac.jp

<発表形式>

口頭発表 及び ポスター発表

口頭発表は、講演12分+質疑3分。PowerPoint 2007を使用。Macintoshをお使いの方は、ご自分のパソコンをお持ち下さい。

ポスターは、縦180cm以内、横85cm以内

<参加費> 500円

<懇親会> 一般 3,000円 学生 2,000円

<交通案内>

佐賀駅バスセンターからバスで約20分

「4番のりば」から市営バス11番 相応行 又は12番 東与賀行で「佐大前」下車

「4番のりば」から市営バス63番 佐賀大学・女子短大前行で「佐大前」下車

佐賀駅からタクシーで約 15 分／佐賀空港からタクシーで約 20 分

詳しくは佐賀大学ホームページを参照のこと (<http://www.saga-u.ac.jp/access/index.htm>)

<宿泊>

佐賀駅周辺にホテルがありますので、各自お申込み下さい（斡旋はしません）。

<講演要旨の書き方>

以下の要領で作成してください。そのまま原寸で印刷します。

1. A4 版 1 ページに、上 3.5 cm、下左右 2.5 cm ずつの余白を取る。
2. 冒頭に表題・講演者名・所属・連絡先（電子メールアドレス）を記載した後、1 行開けて本文を書く。
3. 表題：ゴシック系あるいは、明朝系の太字・12 ポイント・センターリング（中央寄せ）
4. 講演者名・所属・連絡先：明朝系・11 ポイント・センタリング。連絡先は括弧に入れる。
5. 本文：明朝系・10 ポイントを目安とする。

[根研究会事務局注：講演要旨は、後日、会誌『根の研究』に再掲しオンラインでも公開されることがあります。

要旨の提出を以てそうした再掲へのご了解を頂いたものとみなします]

.....

【第 34 回根研究集会 参加申込書】

1. 氏名

2. 連絡先

住所・機関名

Tel. :

Fax :

E-mail :

3. 発表の有無 有 無 (希望するものを選び○で囲む)

4. 発表「有」の場合

表題 :

著者名 :

発表形式： 口頭発表 ポスター発表 (希望するものを選び○で囲む)

5. 懇親会

参加する（一般） 参加する（学生） 参加しない（○で囲む）

.....

【申込先】

佐賀大学農学部 有馬 進 宛

E-mail arimas@cc.saga-u.ac.jp

Fax 0952-28-8720

申し込み後、1 週間以内に確認の連絡が届かない場合は、有馬までお問い合わせ下さい。

【カレンダー】

- ・各会議の正確な情報はご自身でご確認下さい。申し込み・問い合わせは、直接主催者までコンタクトして下さい。
- ・海外での会議の日本語名称は、根研究会事務局で便宜的に意訳したものです。

植物・土壌・環境など、根に関わりのある学術集会の情報を寄せ下さい。

国内の小規模なセミナーや、他学会主催の会議の情報も歓迎します。発行月は3月、6月、9月、12月で、その月の5日頃までにご連絡頂ければ掲載が間に合います。研究会のホームページにも掲載します。情報の送り先は、E-mail : neken2011@jsrr.jp です。

2011年

第34回根研究集会 New

2011年5月14日(土)

佐賀大学農学部

本号に開催案内を掲載しています

第13回国際ナタネ学会 6月5-9日

13th International Rapeseed Congress

June 5-9, 2011; Prague, Czech Republic; <http://www.irc2011.org/information.html>

第18回国際植物学会議 7月23日-30日

XVIII International Botanical Congress

July 23-30, 2011; Melbourne, Australia; <http://www.ibc2011.com/>

持続性のための光合成研究 7月24-30日

Photosynthesis Research for Sustainability

July 24-30, 2011; Baku, Azerbaijan; <http://www.photosynthesis2011.cellreg.org/>

第7回根の構造と機能国際シンポジウム 9月5-9日

VII International Symposium on Structure and Function of Roots

September 5-9, 2011; High Tatras, Slovakia

<http://www.fns.uniba.sk/index.php?id=3443>

第3回根圏会議 9月25日-30日

Rhizosphere 3

Spetember 25-30, 2011; Perth, Australia

<http://rhizosphere3.com/>

第3回国際亜鉛シンポジウム 10月10-13日

3rd International Zinc Symposium

October 10-13, 2011; Hyderabad, India; <http://www.zinccrops2011.org/>

根研究会 20 周年シンポジウム／第 35 回根研究集会
2011 年 11 月 5 日(土)・6 日(日)
東京大学農学部



第 6 回不定根会議
6th International Symposium on Root Development: Adventitious, Lateral and Primary Roots
2011 年[日程詳細未定]; Quebec, Canada

2012 年

第 8 回国際根研究学会 (ISRR) シンポジウム 7 月 3-6 日
8th Symposium of International Society of Root Research (ISRR)
July 3-6, 2012; Dundee, DD2 5DA, Scotland, UK.
<http://www.rootresearch.org/meetings>

第6回国際作物学会議 8 月 6-10 日
6th International Crop Science Congress
August 6-10, 2012; Bento Goncalves-Rio Grande do Sul State, Brazil;
<http://www.intlcss.org/future-congresses/>

2014 年

第6回国際樹木根会議 日程未定 New
International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants
日本

===== 第 3 回根圏会議のご案内(再告) =====

第 3 回根圏会議 (Rhizosphere 3) の組織委員会より、根研究会事務局に、開催の案内が届きました。

会議名: Rhizosphere 3
開催期間: 2011 年 9 月 25 日-30 日
開催地: Burswood Convention Centre (オーストラリア, パース)

正式な参加申込は、2011 年 2 月に受付開始の予定ですが、ホームページ (<http://rhizosphere3.com/>) の “Conference Registration” のコーナーから仮登録すると、メールで連絡がもらえるようになります。
正確な情報・詳細は、<http://rhizosphere3.com/> をご覧下さい。

実行委員会連絡先
RHIZOSPHERE 3 INTERNATIONAL CONFERENCE 2011
C/- ICE Australia P/L
Suite 4, Level 2
73 Hay Street
Subiaco, WA 6008, Australia
Tel: +61 8 9381 9281
Fax: +61 8 9381 9560
E-mail: rhizosphere3@iceaustralia.com

「苅住」海外渡航支援のご案内

2011年7月－12月 渡航分の申請は2011年4月末日〆切です

2012年1月－6月 渡航分も4月末日までに申請できます#

2012年1月－6月 渡航分の申請最終締切は2011年10月末日ですが、2011年4月末日までに申請すれば、半年早く審査結果が出て採用の場合は早く助成を受けることができますし、不採用の場合、半年後に再度応募できます。

根研究会若手会員（40歳以下）に対する海外渡航費等支援

(日本語名称：根研究会「苅住」海外渡航支援)

(英語名称：JSRR (Karizumi) Young Researcher Travel Award)

根研究会では、若手会員の国際的な活躍を支援するため、海外で開催される学会等において研究成果を公表するため、あるいは、海外での研究・調査のための渡航経費の一部を支援いたします。本支援は、苅住会員による寄付金の一部をより有効に活用するための一環として実施するものです。奮ってご応募ください。

支援目的、支援対象者および支援額

根研究会所属の若手会員(申請時の年齢が40歳以下)の国際的な活躍を支援するため、海外の学会等に参加して根に関する研究成果を公表するため、あるいは、海外での研究・調査のための渡航経費の一部として、毎年50万円を限度として支援します。支援する額は一人当たり5-20万円とします。

旅費の一部を申請するとか、参加登録料の分を申請するという利用の仕方でも結構です。

申し込み先：根研究会事務局

・電子メール：neken2011@jsrr.jp (PDF または MS-Word のファイルを添付して下さい)。

・郵送先：〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学 大学院農学生命科学研究科 栽培学研究室 阿部淳氣付。

数日のうちに受け取りの通知をします。通知が来ない場合は、事務局にご確認下さい

学生の場合は、指導教員の署名または印が必要ですので郵送となりますが、あわせて、電子メールでもお送りください。電子メールのほうは、指導教員の署名または印の部分は空欄で結構です。

学生でない方は、電子メールの方だけで結構です。

審査と決定通知

会長、副会長で協議して支援の可否と支援の額を決定し、締切月の翌月末までに申請者に通知します。

なお、採用人数と支援額は、前期・後期のバランスや年間の総額などを考慮して決定します。

研究成果発表での渡航の場合、根研究会事務局から会議の主催者にも連絡します。

支援を受けた方は、帰国後速やかに研究会誌の「報告」欄に会議の概要を投稿して頂きます。

また、発表課題が事前審査等により受理されなかった場合や都合により渡航できなくなった場合には、支援金全額を速やかに返済して頂きます。

申請書の記載内容(A4 1枚 程度)

(申請は、本人申請を原則とし、学生の場合は指導教員等の承認が必要)

1) 申請者の氏名、所属、連絡先、生年月日

(学生の場合は指導教員等の所属・氏名・印鑑をもって指導教員等の承認とします)：

2) 会議等の名称と開催期間・開催場所 または 研究・調査の期間・場所：

3) 発表課題名または研究課題名(発表の場合は口頭・ポスターなどの発表形式の希望もお書き下さい)：

4) 渡航日程：

5) 申請額と支援金の使途：

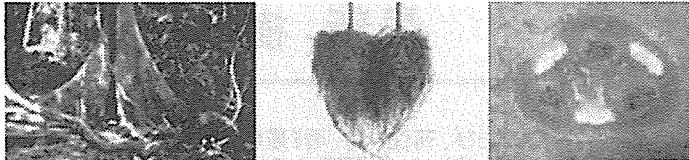
6) 現在行っている主な研究の概要(400字程度)

7) 研究成果発表の場合は、希望する発表形式(口頭発表、ポスター発表など)

以上



An electronic journal of plant root sciences



国際誌 Plant Root への投稿のご案内

根研究会の国際誌 Plant Root は査読制のオンラインジャーナルで、世界中から誰でも無料で閲覧できるオープンアクセスの学術誌ですし、掲載料も無料です。

会員の皆様には、ご自身の投稿をご検討頂くとともに、会員に限らず投稿できますので、周辺の研究者にも投稿の呼びかけをお願い致します。原著論文・短報のほかに、総説も掲載しています。ご自身の一連の研究を中心に解説する総説も歓迎しますので、積極的にご提案ください。

- ・投稿・問い合わせ : editor2011@plantroot.org
- ・ホームページ・投稿規定 : <http://www.plantroot.org/>

広告のご案内

会誌『根の研究』の広告と、ホームページの広告バナーを募集しています。

研究会の財政安定化のために、広告に関心がありそうな企業にご紹介を頂きますようお願い致します。

- ・広告に関する問い合わせ先 : neken2011@jsrr.jp (根研究会事務局)
- ・料金の例

会誌広告 : 1ページ全面広告・1回 12,000 円 / 4回 (1年間) 36,000 円

広告バナー : 3ヶ月 5,000 円 / 1年間 15,000 円

計 報

会員の計報が届きましたのでご報告致します。おふたりとも根研究会の中では年配格の会員でした。ご冥福をお祈りしつつ、おふたりの先達のお志を継いで根の研究を発展させていきたいと思います。

会員 瓜谷郁三さん

2010年9月に逝去されました。名古屋大学名誉教授。根に関しては、サツマイモの生理的腐敗を生化学的に研究されていました。

会員 小川詔宣さん

2010年9月に逝去されました。地球温暖化に関心をお持ちで、研究をされていました。

FAX:03-5805-7766

2011年6月末日締切

最新 樹木根系図説 申込書

このたび、苅住 昇 著『最新 樹木根系図説』が弊社より刊行されます。そこで、発売記念と致しまして、根研究会の皆様に、通常本体価格 80,000 円のところ、2011年6月末日まで特別価格として 68,000 円(税込 71,400 円・送料弊社負担)で申し込みを受け付けます。御希望の方は下記に必要事項をご記入の上、弊社担当者までFAXにてお送りください。なお、通常はゆうパック代引での送付となります。

年 月 日

フリガナ 氏名			
根研究会にて会員名簿との照合を行います。団体会員の場合は、担当者のお名前のほかに研究会に登録の団体名もお書き添えください			
電話番号		冊数	冊
FAX			
送付先 住所	(〒 - - -)		
領収書の 要否	要	否	
領収書の宛名			
公費等で後払い御希望の方			
請求書の 要否	要	否	
請求書の宛名			
備考			

問合せ先

〒113-0033 東京都文京区本郷3-3-11
 (株)誠文堂新光社 編集広告局
 電話03-5805-7762
 FAX03-5805-7766
 e-mail j.nukita@seibundo.com
 担当 貢田 淳(ぬきたじゅん)

発売が 11 月 19 日に延期されたため、根研究会会員限定の特別販売を 2011 年 6 月まで延長します。

上の用紙のコピーのほか、本年2号に掲載した用紙(2010年12月末日締切の記載有り)でも6月まで申し込みます。公費払いもできますが、申し込みの際には会員を通した申し込みであることが分かるように、氏名欄もご記入下さい。

根の研究

第19巻(2010年)総目次

卷頭エッセイ	新会長あいさつ ゴボウと食文化 中野明正	4(1) 42(2)
	根と研究と私 田島亮介	102(3)
	根の研究を楽しみたい 犬飼義明	142(4)
原著論文	湛水処理が水田土壤で栽培した大納言アズキの生育初期における不定根形成に及ぼす影響 小森二葉・大橋善之・大门弘幸	43(2)
	シロイヌナズナ由来アクアポリン <i>AtPIP1;2</i> 遺伝子が導入された西洋ミヤコグサFSL-PIP-#4の解析 氷室泰代・田中秀典・橋口正嗣・山重りえ・島尻恭香・明石良	143(4)
ミニレビュー	果樹園におけるパートナー植物を用いた草生栽培は有益微生物を増殖させて化学肥料や化学合成農薬の使用量を削減させる 石井孝昭・Andre F. CRUZ	5(1)
総 説	野外のカキノキから学んだ15年 岡本尚	103(3)
技術ノート	イチゴ高設栽培における土壤モノリスの作製法 辻田泰宏・村上圭一・磯崎真英・安田典夫	117(3)
報 告	第32回根研究集会に参加して 安倍史高 第32回根研究集会発表要旨 Fifth International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants 参加報告 坂本拡道 服部和佐 川村あゆみ	49(2) 50(2) 123(3) 124(3) 125(3)
	農研機構シンポジウム「麦・大豆栽培における湿害の現実と研究展開－水田高度利用に向けた耐湿性の生理・遺伝研究－」の概要紹介 川口健太郎	151(4)
	第33回根研究集会に参加して 服部林太郎	153(4)
	第33回根研究集会発表要旨	154(4)
情 報	第32回根研究集会のご案内 第5回国際樹木根会議のご紹介 カレンダー 「苅住」海外渡航支援のご案内	15(1) 19(1) 20(1) 22(1)

第 33 回根研究集会のご案内	79(2)
『最新 樹木根系図説』会員向け特別販売のお知らせ	82(2)
国際誌 Plant Root 発行状況	84(2)
2011 年 20 周年記念事業	85(2)
カレンダー	86(2)
「苅住」海外渡航支援のご案内	87(2)
国際根研究学会(ISRR)の次回シンポジウムとホームページ	88(2)
第 33 回根研究集会のご案内	126(3)
国際誌 Plant Root 発行状況	130(3)
カレンダー	133(3)
第 3 回根圏会議のご案内	134(3)
「苅住」海外渡航支援のご案内	135(3)
第 34 回根研究集会のご案内	194(4)
カレンダー	196(4)
「苅住」海外渡航支援のご案内	198(4)
国際紙 Plant Root への投稿のご案内	199(4)
最新樹木根系図説申込書	200(4)
根の研究第 19 卷総目次	201(4)
公 示	23(1)
「根の研究」編集方針・新編集委員紹介	28(1)
根研究会会則	31(1)
名簿登録データ更新のお願い	36(1)
2010 年度根研究会賞推薦受け付け中	89(2)
2010 年度根研究会賞の決定	136(3)
会 告	92(2)

Root Research 根の研究

編集委員長	中野 明正	農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）本部
副編集委員長	田島 亮介	東北大学大学院農学研究科
編集委員	犬飼 義明	名古屋大学大学院生命農学研究科
	大段 秀記	農研機構・九州沖縄農業研究センター
	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	鴨下 顕彦	東京大学アジア生物資源環境研究センター
	草場 新之助	農研機構・果樹研究所
	久保 堅司	農研機構・九州沖縄農業研究センター
	塩野 克宏	東京大学大学院農学生命科学研究科
	谷本 英一	名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科
	辻 博之	農研機構・北海道農業研究センター
	野口 享太郎	独立行政法人森林総合研究所
	福澤 加里部	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター
	南 基泰	中部大学応用生物学部

事務局 阿部 淳 〒113-8657 文京区弥生
東京大学大学院 農学生命科学研究科 栽培学研究室内
Tel/Fax : 03-5841-5045
e-mail : neken2010@jsrr.jp

根研究会ホームページ <http://www.jsrr.jp/>
「根の研究」オンライン版 <http://root.jsrr.jp/>

年会費 個人 3,000 円、団体 8,000 円

根の研究 第19巻 第4号	2010年12月15日印刷 2010年12月20日発行
発行人：巽 二郎 〒616-8354 京都市右京区嵯峨一本木町1 京都工芸繊維大学繊維学部附属生物資源フィールド科学教育研究センター	
印刷所：株式会社 友人社 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 1-12-19 アイコビル 2F	

Root Research

Japanese Society for Root Research

Original Paper

Characteristics of FSL-PIP-#4 as overexpressed by
Arabidopsis thaliana plasma membrane aquaporin gene,
AtPIP1;2

Yasuyo Himuro, Hidenori Tanaka, Masatsugu Hashiguchi,
Rie Yamashige, Yasuka Shimajiri and Ryo Akashi

..... 143