



第 39 回根研究集会
39th Biannual Meeting of JSRR
プログラム・講演要旨集

2013 年 11 月 9 日 (土) – 10 日 (日)

9 – 10 November, 2013



農研機構 畜産草地研究所
那須研究拠点(栃木県那須塩原市)

NARO Institute of Livestock and Grassland Science
(Nasushiobara, Tochigi)

第 39 回根研究集会

会期：2013 年 11 月 9 日(土)－10 日(日)

会場：農研機構 畜産草地研究所 那須研究拠点

11 月 9 日(土)

12:00～ 受付

12:55～13:00 開会の辞 阿部 淳 根研究学会会長

【口頭発表 座長：久保堅司 農研機構 東北農業研究センター】

13:00～13:15 O1 水耕液の窒素濃度の変化がイネの根の水透過性に及ぼす影響とアクアポリンの役割
石川(櫻井)淳子*・林秀洋・村井(羽田野)麻理 (農研機構 東北農業研究センター)

13:15～13:30 O2 イネの根による各無機元素の吸収と輸送方向のコンパートメント Box を用いた解析
小林奈通子*・広瀬農・田野井慶太郎・中西友子(東京大学大学院農学生命科学研究科)

【口頭発表 座長：関谷信人 東京大学大学院農学生命科学研究科】

13:30～13:45 O3 複数の分けつを有するイネ個体の根系水通導性の測定
亀岡笑*・三屋史朗・山内章 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

13:45～14:00 O4 Soil compaction effects on the expression of development plasticity of root system
triggered by mild drought stress x nitrogen application in rice.
Thiem Thi Tran¹*・Mana Kano-Nakata²・Daniel Menge¹・Roel R. Suralta¹・Shiro Mitsuya¹・
Akira Yamauchi¹ (¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University;
²International Corporation Center for Agricultural Education, Nagoya University)

14:00～14:15 O5 Root penetration in the hardpan during soil moisture fluctuations and its contribution to
water use and dry matter production in rice.
Roel R. Suralta¹・Mano Kano-Nakata²・Thiem Thi Tran¹・Akira Yamauchi¹*
(¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University; ²International
Corporation Center for Agricultural Education, Nagoya University)

【根研究学会賞 授賞式・受賞講演】

14:30～16:00 [学術奨励賞]
栽培イネの養水分吸収能の土壌環境応答に関する作物生理学的研究
松波麻耶 (秋田県立大学)

[学術功労賞]
森林における根からの CO₂ フラックスに関する研究
檀浦正子 (京都大学大学院地球環境学堂・農学研究科)

16:10～16:40 ポスター発表奇数番号

16:40～17:10 ポスター発表偶数番号

17:45～ 懇親会会場へ移動

18:30～20:30 懇親会(遊膳)

11月10日(日)

【口頭発表 座長: 山内卓樹 名古屋大学大学院生命農学研究科】

- 9:30~9:45 O6 薬用植物カンゾウの毛状根培養細胞によるグリチルリチン酸生合成機能の解析
高上馬希重^{1*}・關光²・大山清³・村中俊哉²・金尚永¹ (¹北海道医療大 薬²大阪大院 工 生命先端³東京工業大院 理工)
- 9:45~10:00 O7 トウモロコシ冠根始原体の観察考
仁木輝緒*・斉藤進 (拓殖大学工学部)
- 10:00~10:15 O8 土壌水分変動条件に適応したイネ系統における乾燥ストレス後の再灌水に対する根系発育反応
仲田(狩野)麻奈^{167*}・Henry Amelia²・小林伸哉²³・Rachid Serraj²⁴・福田善通⁵・山内章⁶
(¹名古屋大学農学国際教育協力研究センター, ²国際イネ研究所, ³作物研究所, ⁴国際乾燥地農業研究センター, ⁵国際農林水産業研究センター, ⁶名古屋大学大学院生命農学研究科, ⁷日本学術振興会特別研究員 PD)

【口頭発表 座長: 仲田(狩野)麻奈 名古屋大学農学国際教育協力研究センター】

- 10:15~10:30 O9 イネの根の通気組織形成過程における活性酸素種関連遺伝子の組織特異的な発現解析
深澤彩^{1*}・山内卓樹¹・長村吉晃²・西澤直子³⁴・堤伸浩³・中園幹生¹ (¹名大院生命農学, ²農業生物資源研究所ゲノムリソースセンター, ³東大農学生命科学, ⁴石川県立大生物資源工学研究所)
- 10:30~10:45 O10 エチレンと活性酸素種によるコムギ幼植物体の嫌気ストレス応答と根の通気組織形成の制御
山内卓樹^{1*}・渡邊宏太郎¹・深澤彩¹・森仁志¹・安倍史高²・川口健太郎²・小柳敦史²・中園幹生¹ (¹名古屋大学大学院生命農学研究科, ²農研機構作物研究所)

【ワークショップ第1部】

- 11:00~11:30 根の空隙率の測定 (講演)
島村聡 (農研機構 東北農業研究センター)
- 11:45 移動
- 12:00~13:00 昼食 (千本松牧場ジンギスカン)

【ワークショップ第2部、第3部】

- 13:15~ [第2部: 根の空隙率の測定 (実演)]
島村聡 (農研機構 東北農業研究センター)
- [第3部: 根の通気組織調査法の展示]
川口健太郎 (農研機構 北海道農業研究センター)
中園幹生 (名古屋大学大学院生命農学研究科)
間野吉郎 (農研機構 畜産草地研究所)

【ポスター発表: 11月9日(土) 奇数番号 16:10~16:40、偶数番号 16:40~17:10】

- P1 コムギ種子根の通気組織形成能の評価手法
川口健太郎^{1*}・モハマド エムダドウル ハック²・森正彦³・安倍史高・小柳敦史⁴
(農研機構作物研究所 現:¹北海道農業研究センター・²佐賀大学・³帯広畜産大学・⁴九州沖縄農業研究センター)
- P2 ダイズにおける挿し木時の不定根と二次通気組織の形成へのオーキシンの影響
高橋宏和*・中園幹生 (名古屋大学大学院生命農学研究科)
- P3 イネ種子根系における異形側根間での発生部位と導管成熟部位との関係における差異
株木拓也*・三屋史朗・山内章 (名古屋大学大学院生命農学研究科)
- P4 エネルギー作物ネピアグラスの栽培による土壌の肥沃度向上と浸食抑制
関谷信人*・阿部淳・森田茂紀 (東京大学大学院農学生命科学研究科)
- P5 土壌の窒素無機化の変化に対する細根の養分吸収の応答
福澤加里部^{1*}・浦川梨恵子²・菱拓雄³・柴田英昭¹・宮本敏澄⁴・館野隆之輔⁵
(¹北大・北方生物園七,²東大院・農,³九大・演習林,⁴北大院・農,⁵京大・フィールド研)
- P6 ダイズ品種間における幼苗期根長の変異とその遺伝解析
許東河*・Thitaporn Phumichai・Huatao Chen・Guiquan Li (国際農林水産業研究センター)
- P7 コムギ品種におけるカドミウムおよび必須栄養元素の根から地上部への移行性の解析
久保堅司^{1*}・小林浩幸¹・太田健¹・村上敏文¹・石川哲也¹・江口哲也¹・藤田雅也²・渡邊好昭³・
信濃卓郎¹ (¹農研機構東北農業研究センター、²農研機構作物研究所、³農研機構中央農業総合
研究センター)
- P8 イネ初期栄養成長期における浸透圧ストレス耐性の遺伝的変異と根系の形態的特徴
豊福恭子・松波麻耶*・永澤信洋・小川敦史 (秋田県立大学)
- P9 トウモロコシ根先端中心柱組織細胞列と始原細胞
斉藤進^{1*}・高橋三男²・仁木輝緒¹ (¹拓殖大・工、²東京高専・物質工)
- P10 Genotypic variation root morphological traits involved in deep root development and root
plasticity of upland NERICA under water deficit conditions.
Daniel Menge^{1*}・Daigo Makihara²・Shuichi Asanuma²・Akira Yamauchi¹ (¹Graduate School of
Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²International Cooperation Center for Agricultural
Education, Nagoya University)
- P11 ほ場試験における放射性セシウムへの蓄積
二瓶直登*・広瀬農・田野井慶太郎・中西友子 (東京大学大学院農学生命科学研究科)
- P12 トウモロコシとテオシントを用いた酸素漏出バリア関連形質の解析
渡邊宏太郎^{1*}・西内俊策¹・大森史恵²・間野吉郎²・中園幹生¹ (¹名古屋大学大学院生命農学研究
科、²農研機構畜産草地研究所)
- P13 深根性イネ科植物エリアンサスを利用した石油汚染土壌のファイトレメディエーション
土肥哲哉^{12*}・阿部淳²・我有満³・森田茂紀² (¹日本有機資源協会、²東京大学農学生命科学研究
科、³九州沖縄農研センター)
- P14 サツマイモの塊根成長におよぼす根圏の含水率およびCO₂濃度の影響
斯琴巴図*・北宅善昭・平井宏昭・渋谷俊夫・遠藤良輔(大阪府立大学大学院生命環境科学研究科)

[学術奨励賞] 栽培イネの養水分吸収能の土壤環境応答に関する作物生理学的研究

松波 麻耶 (秋田県立大学)

(連絡先: maya@akita-pu.ac.jp)

深刻化する水や資源の不足問題を背景に、いかに作物の生産性を維持・向上させるかは環境に調和した持続的な農業生産の実現のために取り組むべき課題の一つである。私は灌漑水や化学肥料の低投入下でイネが水と栄養素を最大限の効率で取り込み、生産性を高めるしくみを明らかにすることを目指している。これまで NERICA 品種や農業生物資源研究所 (NIAS) コアコレクションなどの材料を用い、低投入下での吸水能や窒素吸収能の品種特性について研究を進めてきた。

まず、アフリカイネとアジアイネの種間交雑品種である陸稲 NERICA の生育および収量を、我が国の代表的な水陸稲品種と比較解析し、NERICA は我が国の品種に比べ、天水畑条件下、特に少肥区において高い窒素吸収能と乾物生産能を発揮し、収量性が優れることを明らかにした。この高い窒素吸収能には、登熟期の優れた吸水能や根の生理活性が関与していることを明らかにした。さらに登熟期の優れた窒素吸収により葉色が維持され、高い光合成速度を維持したことも多収の要因であることを考察した。以上のことから、灌漑水や化学肥料の低投入条件下で高い物質生産能を発揮するためには、NERICA のような高い吸水能に伴う優れた窒素吸収能を遺伝的に備えることが重要であることを示した (Matsunami and Kokubun, JARQ 45: 243-249 他 3 報)。

イネコアコレクションを用いた土壤水分環境に対する生育反応の遺伝的変異の解明においては、乾物生産および窒素吸収における幅広い品種間変異を明らかにしたとともに、土壤水分制限下で高い物質生産を示した品種では、優れた葉面生長による受光面積や蒸散量の増大に加え、根系発達を維持することで地上部への養水分供給が確保されたことが物質生産能に寄与したものと推察した (Matsunami et al. Plant Prod Sci. 15: 82-91 他 1 報)。本研究によりスクリーニングした耐乾性品種を用い、根におけるアクアポリン遺伝子発現の品種間差と浸透圧ストレスへの応答およびその吸水能への関与について研究を進めている。

また、最近では、我が国においても環境保全や持続的農業の構築のためには、可能な限り化学肥料投入量を削減し、かつ安定的多収をもたらす品種育成が重要であると考え、低窒素肥料投入下でのイネの窒素吸収と物質生産にも着目し研究している。革新的な玄米生産効率と高いシンクキャパシティを持つ超多収品種「秋田 63 号」の研究では、秋田 63 号の光合成特性や収量性と窒素施肥法の関係について明らかにした (松波ら 日作紀 78: 497-502)。また秋田 63 号とその後代系統の減化学肥料投入試験を行った結果、生育初期における根長や根乾物重には特徴は認められなかったものの、低投入下で窒素利用効率が向上し、基肥量を半減した場合でも初期生育が標準施肥量並に確保されることを実証した (松波ら 東北日作支部報 55: 1-4 他 1 報)。

根を直接的な対象とした研究は始めたばかりであるが、今後はより一層根の生理機能と土壤環境応答に関する研究に力を入れ、持続的農業の構築へ貢献できるような研究を進展させたいと願う。

*研究業績等の詳細については独立行政法人科学技術振興機構 (JST) が提供する Read&Researchmap の個人ページで随時更新しております。

謝辞: 本賞に推薦していただいた秋田県立大学小川敦史准教授、豊福恭子博士および秋田県立大学植物生態生理学講座の皆さまには日頃のご指導に感謝申し上げます。また学部生から博士課程までご指導いただいた東北大学作物学研究室の國分牧衛教授をはじめ、同研究室の諸先生・先輩方に感謝申し上げます。最後に、研究生活を支えてくれる家族に感謝するとともに、受賞の喜びを分かち合いたいと思います。

[学術功労賞] 森林における根からの CO₂ フラックスに関する研究

檀浦正子 京都大学大学院地球環境学堂・農学研究科 (dannoura@kais.kyoto-u.ac.jp)

はじめに

苧住(1979)によると、根の働きは、土壤中から植物の生活に必要な養水分を吸収する吸収作用、光合成によって直接有機物生産を行う葉やそれを支える幹や枝など地上部の器官全体の支持作用、それに物質貯蔵作用の三つに大きく分けることができる。さらに加えて Atkinson (2000) は Root Methods の冒頭で、根と菌相は土壤構造と土壤特性に大きく影響する、それと同時に大気から土壤と根圏に生育する土壤生物への炭素の流れの主な通り道となる、との指摘をしている。森林生態系炭素循環という視点にたってもまた、樹木根はおおきな役割を担っている。地上部の 25-30% を占めるバイオマスを蓄積し、呼吸活動を行って炭素を放出している。森林の土壤からの二酸化炭素の放出量は森林全体に対し、1/2-2/3 を担っているといわれているが、そのうちのおよそ半分は樹木根が担っていると考えられている。一口に樹木根といっても、根株を含む粗根と、養分吸収に特化した細根では役割も大きく異なる。粗根は根系バイオマスの多くの部分を占め、通道、貯蔵、樹体支持を行い、細根と比較するとゆっくりではあるが、生成枯死を繰り返している。そのターンオーバーは、結果として長期に渡って土壤と土壤生物相へ炭素の供給を行うため、生態系生産量 (NEP: Net Ecosystem Production) と森林からの CO₂ 放出量に長期的な影響を与えている (Resh *et al.*, 2003)。一方、細根は養分を吸収する活動において盛んに呼吸を行っている。枯死再生も早く、細根のターンオーバーによる栄養塩類の土壤への供給は、地上部リターによる土壤への供給量と同程度かあるいはもっと多いと見積もられている (Joslin and Henderson, 1987; Hendrick and Pregitzer, 1993)。そのため根系を粗根と細根に分けて評価することは、根系の動態を明らかにするために必要なことであり、ひいては森林生態系の炭素動態の解明に欠かせないものである。これまで述べたように、樹木根系は、森林の炭素循環において、蓄積源としても吸収および放出源としてもその重要性が指摘されているにもかかわらず、測定や解析が困難であるがゆえに研究が立ち遅れている。特に根呼吸測定に関しては、対象とする根が土壤中で伸長一活動一枯死を繰り返し、土壤と密接なインターアクションを保っているため個別での測定は不可能であり、完全な方法はいまだにないといえる。筆者はこれまで主に樹木の根系を対象として、根バイオマスや生長とともに、根から放出される呼吸に関して研究を進めてきた。ここでは簡単にそれらの方法と結果を紹介したい。

方法と得られる結果

1) 根呼吸を分離して測定する

根の呼吸だけを選択的に測定するために、根の一部の周辺の土壤を除去して砂で埋戻し、そこに呼吸量測定装置を設置することによって根呼吸を測定した。利点は、生かしたまま一定期間測定できる点であり、長期にわたり観測できる。欠点は自然状態とは幾分異なり、また測定対象となる根も限られるという点である。この測定から、呼吸活動の季節変動や、降雨や気温といった環境要因に対する反応特性が明らかになった(1)。

2) 根呼吸の破壊的観測

根の呼吸の特徴をみるために、根系を掘り出しサイズごとに呼吸量を測定した。直接的な方法であり、測定数も多くなるが、掘り出してしまうため、サンプルはすぐ測定しなければならず、継続しての観測もできない点である。これらの呼吸量測定の結果、より細い根のほうが、太い根に比べて単位重量あたりの呼吸量が多いことが明らかとなった(2)。

3) 根の伸長を観測するためのスキャナ法

根の伸長・枯死を直接観測する手法としてスキャナ法を開発した。これは家庭用スキャナを土壤に埋めるとい

うだけのものであるが、安価な点と観測面の広さが利点であり、またパソコンをつなげておけば自動で測定できる。細根の伸長速度が計算でき、二次元的なデータであるものの生産量換算が可能である。画像の解析に関するソフトウェアやプログラムはまだ開発の途上にあるが、今後の応用を期待している(3)。

4) 安定同位体パルスラベリングを用いたトレース

樹木は樹冠で光合成を行って炭素を固定し、つくられた光合成産物を樹体に配分し、伸長し、葉や細根を生産し、冬にそなえて蓄積する、といった活動を行っている。その炭素の流れを測定するために、 ^{13}C をトレーサーとして樹冠に与え、追跡する研究を行っている。結果、樹木の場合、樹種によって樹体内炭素移動速度が異なることや、葉から細根まで炭素が到達する時間が季節ごとに変動することが明らかになった(4)。

まとめ

森林炭素循環の中で、大気から樹木を通して根へともたらされる炭素の流れを明らかにしようと取り組んできたこれらの手法と結果は、相互に関係している。例えば、呼吸量に関して1)と2)から、森林の樹木根からの呼吸量の年間値を推定し、樹体内炭素分配を算出することができる。落葉広葉樹二次林である森林総合研究所山城水文試験地においては、年間の根呼吸量が $4.28 \text{ tCO}_2 \text{ ha}^{-1}$ と推定され、土壌呼吸量の 47 % を占めていた。また根呼吸は温度に対して指数関数的に反応し、降雨に大きく反応する土壌呼吸と対照的に緩やかな負の反応を示した。したがって、土壌呼吸に対する根呼吸の割合は、降雨後よりも土壌が乾燥している状態のほうが高いという変動をみせる。また、生育期には細根呼吸量の温度反応性が高くなる。同試験地でコナラ成木を対象にした3) スキャナ法より、曇った期間のあとに伸長成長が遅くなっているという現象が捉えられており、4) ラベリング法で、12 m 程度のコナラにおいて、葉で生産された光合成産物が細根に到達するまでの時間が、夏では1日程度、秋は2-3日程度必要であることが示されている。これらの結果は、光合成産物が細根において呼吸・伸長に使われている様子を間接的に示しており興味深い。様々な切り口から、森林において樹木根系の役割の総合的な理解を深めていけたらと思う。とはいえ、どの手法も樹木根の生活の一部を垣間見ているにすぎない。彼らは時々刻々と変化しながら数十年-数百年の長期にわたり生命を維持しているのであり、研究をすればするほどなぞは深まるばかりである。

参考文献

- (1) Dannoura M., Kominami Y., Tamai K., Jomura M., Miyama T., Goto Y., and Kanazawa Y.³⁾ Development of an automatic chamber system for long-term measurements of CO_2 flux from roots. *TellusB* 58 (5), 502-512, 2006
- (2) 檀浦正子, 小南裕志, 玉井幸治, 後藤義明, 上村真由子, 金澤洋一 京都府南部広葉樹林において短期間に測定された根呼吸量の土壌呼吸量に対する寄与の評価 *農業気象* 62(1), 15-21 2006
- (3) Dannoura M., Kominami Y., Oguma H., and Kanazawa Y., The development of an optical scanner method for observation of plant root dynamics. *PlantRoot*, 2, pp14-18, 2008.
- (4) Dannoura M., Maillard P., Fresneau C., Plain C., Berveiller D., Gerant D., Chipeaux C., Bosc A., Ngao J., Damesin C., Loustau D., and Epron D., In situ assessment of the velocity of carbon transfer by tracing ^{13}C in trunk CO_2 efflux after pulse labelling: variations among tree species and seasons, *New Phytologist* 190, 181-192, 2011. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03599.x

O-1 水耕液の窒素濃度の変化がイネの根の水透過性に及ぼす影響とアクアポリンの役割

石川（櫻井）淳子、林秀洋、村井（羽田野）麻理

農研機構 東北農業研究センター、連絡先（junkoi@affrc.go.jp）

植物は土壌中の窒素濃度の変化に応じて根の形態を変えると同時に、窒素輸送体・窒素代謝関連酵素等の発現制御を行い、窒素吸収を最適化している。窒素吸収と協調的にはたらく吸水も窒素濃度に応じて可逆的に制御されるが、そのメカニズムの詳細は明らかにされていない。本研究では、単位根あたりの水透過性と密接に関わるアクアポリン（水チャンネル）という分子に着目して、制御メカニズムの解明を試みた。窒素濃度 20ppm の水耕液にて 2 週間程度栽培したイネ（あきたこまち）幼苗に 0.2ppm の窒素飢餓処理を行うと、処理開始 28 時間後以降に根の水透過性が有意に低下し、48 時間後には対照区（20ppm）の 24% となった。その後、20ppm の窒素回復処理を行うと、20 時間後以降に根の水透過性が回復し、48 時間後には窒素飢餓区の 4.7 倍となった。イネには 33 種類のアクアポリン遺伝子が存在するが、このうち根特異的に発現し水チャンネル機能を持つ *OsPIP2;4*、*OsPIP2;5* の変動パターンは根の水透過性の変動と最も相関が高かったことから、これらアクアポリンの発現量の変化が窒素濃度に応じた根の水透過性の可逆的制御に関わっている可能性が示唆された。一方、窒素輸送体や窒素代謝関連遺伝子は、窒素飢餓及び回復処理の開始後数時間以内に速やかに発現誘導あるいは抑制されたことから、これら遺伝子の発現制御機構と、応答が比較的遅いアクアポリン遺伝子の制御機構は異なると考えられた。

O-2 イネの根による各無機元素の吸収と輸送方向のコンパートメント Box を用いた解析

○小林奈通子、広瀬農、田野井慶太郎、中西友子

東京大学大学院農学生命科学研究科（anikoba@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp）

無機元素を吸収することは植物の根の主要な機能であり、元素選択性や吸収特性が長く研究の対象となってきた。演者らは、イネ (*Oryza sativa*. cv. Nipponbare) の根による無機元素の吸収メカニズムを明らかにするため、コンパートメント Box を用いて元素の吸収量とその後の輸送方向を根の部位ごとに調べている。コンパートメント Box は、根を 1cm ずつに区分し、任意の部位から元素を吸収させることができる実験器具である。演者らは、発芽後 6 日目のイネ幼植物をコンパートメント Box に設置して、根を根端から 1cm ずつ 3 つの部位 (A、B、C) に分けた。そして、任意の部位から放射性核種をトレーサーとして 15 分～3 時間吸収させた。その後、植物体を取り出し、イメージングプレート (IP) を用いて植物体内各器官に輸送・蓄積された元素量を定量した。これまでに、リン酸 (P-32)、マグネシウム (Mg-28: 半減期 21 時間)、カルシウム (Ca-45) の吸収と輸送を調べ、それぞれの特異性を明らかにした他 (Kobayashi et al. 2013)、最近では K-42 (半減期 12 時間) と Cs-137 を用いて、カリウムとセシウムの輸送特性の違いについても解析しているので、最新の結果を紹介する。

Kobayashi NI et al. (2013) Soil Sci. Plant Nutr. **59**;149-155

O-3 複数の分げつを有するイネ個体の根系水通導性の測定

亀岡 笑*・三屋 史朗・山内 章

(名古屋大学大学院生命農学研究科 連絡先: kameoka.emi@gmail.com)

根の吸水力を評価する上で、水通導性は有効な指標である。根の水通導性について、これまでに個根や幼植物を対象にした測定例が報告される一方、根系機能を研究していく上では、成熟個体の根系についても評価を進める必要がある。しかし、主要な測定法であるプレッシャーチャンバー法を用いた場合、イネでは、とくに複数の分げつを有する個体のプレッシャーチャンバーを用いた測定においては、厳密に気密性を確保することが困難であり、正確な水通導性測定の妨げになっている。本研究では前報（亀岡ら 2013）に引き続き、土壌乾燥ストレスが根系の水通導性に及ぼす影響を評価するために、まず複数の分げつを有するイネ個体の水通導性測定法の確立を目指した。実験には日本晴、FR13A、KDML105 の 3 品種を各処理ごとに 5 反復ずつ供試した。6 月 10 日に 1/5000 アールワグネルポットに播種し、7 月 11 日より湛水区と軽度土壌乾燥区 (-0.06MPa) を設け、それぞれ播種後 87 日目、98 日目、104 日目に地上部を刈り取り、分げつを 5 本残し、プレッシャーチャンバー法 (Araki 2006) を用いて根系水通導性を算出した。ランダムに発生する分げつ部分をチャンバーに密閉するためにいくつかの技術的な改良を重ね、とくに分げつの形状や表面構造によってやり方を調整することによって、3 品種全てにおいて、8 割程度の確立で測定できるようになった。また、乾燥ストレスによって湛水区に比べて分げつの直径が減少した個体は測定がより困難となることが明らかとなった。測定の結果、FR13A、KDML105 では、軽度土壌乾燥区において湛水区に比べて根系水通導性が有意に減少した。一方で日本晴では処理区間で根系水通導性に有意な差は認められなかった。湛水区における根系水通導性は、FR13A、KDML105、日本晴の順に減少した。

O-4 Soil compaction effects on the expression of developmental plasticity of root system triggered by mild drought stress x nitrogen application in rice

Thiem Thi Tran¹, Mana Kano-Nakata², Daniel Menge¹, Roel R. Suralta¹, Shiro Mitsuya¹ and Akira Yamauchi¹

¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University;

²International Corporation Center for Agricultural Education, Nagoya University.

Corresponding author: ayama@agr.nagoya-u.ac.jp

We previously found that the expression of plasticity in root system development was triggered by mild drought stress (MDS) and nitrogen (N) levels interaction. Root growth is also affected by soil compaction, which is in turn influenced by soil moisture conditions. This study therefore aimed to examine whether soil compaction affects the expression of plasticity in root system development that is triggered by different levels of N application under MDS conditions. CSSL50 derived from Nipponbare/Kasalath cross and Nipponbare were grown in PVC root boxes (25 cm×2 cm×40 cm, $L \times W \times H$) with two water treatments: continuously waterlogged (CWL) as control and MDS conditions (20% w/w). N fertilizer (urea: 46% N) was applied with three levels: 30 mg (low), 60 mg (standard) and 120 mg (high) per root box that was filled with air-dried soil at bulk density of 1.25 g cm⁻³ (low compaction) and 1.50 g cm⁻³ (high compaction). Results showed that root growth as total root length, nodal root number, nodal root length and lateral root length was not significantly different between CSSL50 and Nipponbare in any of the N levels nor any of the two bulk density treatments under CWL. In contrast, under MDS, those root traits were significantly higher in CSSL50 than in Nipponbare but the differences varied with N level and bulk density treatments. The significantly higher total root length of CSSL50 than Nipponbare was expressed more clearly at high N level than at low N level in both soil compaction treatments due to promoted nodal root as well as lateral root length. These results confirm the previous studies that the expression of plasticity in root development was promoted at high N level than at low N level (Tran et al., 2012; 2013). Furthermore, at high N level, the CSSL50's greater lateral root length than Nipponbare was more pronounced at high soil compaction (45-58%) than at low soil compaction (29-30%), which led to the greater difference in total root length between CSSL50 and Nipponbare at high compaction (38-42%) than at low compaction (28-30%). These results suggest that the expression of developmental plasticity of root system triggered by MDS x N level interaction was expressed more pronouncedly at high compaction than at low compaction, which contributed to promoted dry matter production.

O-5 Root penetration in the hardpan during soil moisture fluctuations and its contribution to water use and dry matter production in rice

Roel R. Suralta¹, Mana Kano-Nakata², Thiem Thi Tran¹ and Akira Yamauchi^{1*}

¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University;

²International Corporation Center for Agricultural Education, Nagoya University.

*Corresponding author: ayama@agr.nagoya-u.ac.jp

Rainfed lowland (RFL) rice fields are typically characterized by soil moisture fluctuations (SMF) and the presence of hardpan whose degree of hardness interacts with soil moisture. Typically, genotypes adapted to RFL have roots that penetrate beyond the hardpan. This study examined the plasticity of hardpan penetrating roots and the timing of its occurrence in relation to soil moisture during SMF. The ability of the hardpan penetrated roots to access soil water below the hardpan and its contribution to shoot dry matter production were also quantified. Three genotypes: IR64 (control) and two of its introgression lines such as YTK191 and YTK313 were grown in root boxes under well watered (WW) and SMF treatments. A 5-cm thick artificial hardpan with bulk density (BD) of 1.5 g cm⁻³ was placed at 15 cm below the soil surface. The BD of the soil above and below the hardpan was 1.25 g cm⁻³. In WW, the soil moisture was maintained above 25% throughout the experiment. In SMF, the plants were subjected to WW from 0 to 21 days after sowing (DAS); progressive drought from 21 to 40 DAS; rewatered from 40 to 47 DAS and final progressive drought from 47 to 60 DAS. A minirhizotron tube was installed beneath the hardpan to monitor roots. Water uptake of hardpan-penetrated roots was quantified using the “marriott bottle” technique. The stomatal conductance during the first progressive drought was significantly reduced in all of the genotypes but the reduction was higher in both YTK191 and YTK313 than in IR64. Stomatal conductance recovered back to the level of the WW for all genotypes after rewatering. During the second progressive drought, the stomatal conductance was significantly reduced for all genotypes but the reduction was less in YTK191 and YTK313 than in IR64. Hardpan penetrated roots were not observed during the first progressive drought. However, after rewatering, they were observed and more plastic (higher rate in SMF relative to WW) in YTK191 and YTK313 than in IR64. During the second progressive drought in SMF, YTK313 and YTK191 had higher increase in water uptake from the soil below the hardpan than IR64. Finally, the shoot dry matter of YTK313 was not affected by SMF but maintained while those in YTK191 and IR64 were significantly reduced. The results imply that the plasticity in hardpan penetration by the roots evidently occurred when soil was wet after rewatering and relived from drought rather than during progressive drought. Consequently, the hardpan penetrated roots were able to access soil moisture available below the hardpan when the shallow soil layer was droughted, which contributed to the maintenance of dry matter production.

O-6 薬用植物カンゾウの毛状根培養細胞によるグリチルリチン酸生合成機能の解析

高上馬希重^{1*}・關 光²・大山 清³・村中俊哉²・金尚永¹

¹北海道医療大 薬・²大阪大院 工 生命先端・³東京工業大院 理工

(*連絡先:kojoma@hoku-iryo-u.ac.jp)

マメ科多年生草本ウラルカンゾウ (*Glycyrrhiza uralensis*) の地下部は漢方薬などの医薬品として用いられる。主な薬用成分はトリテルペンサポニンのグリチルリチン酸である。高品質な医薬品の供給にはグリチルリチン酸含有量を高めることが必要である。そのため植物生体内でのグリチルリチン酸の生合成機構の解明は重要である。近年カンゾウ属植物のグリチルリチン酸生合成酵素遺伝子の解明が精力的に進展し、いくつかの生合成酵素遺伝子が発見されている。本研究では *CYP88D6* 遺伝子の *G. uralensis* 植物体内での機能解析ならびに培養細胞でのグリチルリチン酸生産を目的として、*CYP88D6* 遺伝子を過剰発現する毛状根培養細胞の作出に取り組んだ。

CYP88D6 遺伝子 cDNA を CaMV35S プロモーター下におき、*GFP* (*sGFP-S65T*) 遺伝子をマーカーとしたバイナリーベクターを構築した。このベクターを *Agrobacterium rhizogenes* (ATCC15834) を介して *G. uralensis* への導入を試みた。742 個の毛状根クローンを得て、GFP 緑色蛍光が認められる 121 クローンを選抜した (GFP 発現率: 16.3%)。選抜した毛状根クローンから増殖が旺盛な 14 クローンをさらに選抜した。グリチルリチン酸の定量分析を行った結果、コントロールに対して最大で 4 倍のグリチルリチン酸含有量を示す毛状根クローンを見出した。

0-7 トウモロコシ冠根始原体の観察考

仁木輝緒、斉藤進（拓殖大・工）

(tniki@la.takushoku-u.ac.jp)

イネ科植物は種子根、側根、冠根の3種の根を有する。このうち種子根は受精後胚形成の過程で形成され、播種・吸水時に組織細胞の膨大（成長）で種子から出芽する。一方、冠根形成に関して、伸長期の冠根についての報告はあるが、いずれの時期に初生冠根が形成されるか定かではない。Avery（1930）の報告は、播種24時間後の胚に冠根の存在を描いている。演者らはこの報告の追試を行った。

ペルー産のジャイアントコーン、スイートコーンを用い、播種後0、3、6、24時間に種子から胚を剖出し、4%パラホルムアルデヒド固定を行った。水洗・脱水後、テクノビット7100樹脂に包埋し、2.5 μ mの厚の切片を作成し、トルイジンブルー染色をした。

播種0時間は脱水状態にあり、固定液の浸透とともに組織細胞は固定されるが、細胞は収縮状態を示している。胚を剖出すると腹面に少なくとも1個の冠根を想定させるふくらみを観察できる。外観での種子からの冠根の出芽は、播種4日目から観察できる。切片観察では、播種0時間で、胚軸に沿って中胚軸の縦断切片に冠根の存在が認められ、横断切片でも複数の冠根が縦断、横断状態で観察できる。3、24時間ではさらにそれら冠根の数の増加と伸長が観察できるようになる。

受精後の胚発生の過程での観察では、6月17日採集種子胚には始原体は観察されなかったが、9月23日採集の種子胚には冠根の始原体を観察することが出来た。

これらの観察から、冠根の形成時期と始原体の細胞の特徴を考察する。

0-8 土壌水分変動条件に適応したイネ系統における乾燥ストレス後の再灌水に対する根系発育反応

仲田（狩野）麻奈^{1,6,7*}・Henry Amelia²・小林伸哉^{2,3}・Rachid Serraj^{2,4}・福田善通⁵・山内 章⁶

¹名古屋大学農学国際教育協力研究センター,²国際イネ研究所,³作物研究所,⁴国際乾燥地農業研究センター,⁵国際農林水産業研究センター,⁶名古屋大学大学院生命農学研究科,⁷日本学術振興会特別研究員 PD

(連絡先：mnakata@agr.nagoya-u.ac.jp)

天水田や節水栽培圃場では、イネの栽培期間中土壌が乾燥と湛水を繰り返し、土壌水分が変動することが最大の特徴である。天水田や節水栽培では、慣行の湛水栽培に比べて収量が低下するが、その原因として乾燥と嫌気の繰り返しがストレスとなり根の生理機能を抑制し、成長を抑制している可能性がある。そこで本研究では、土壌水分変動条件下における根系発育と地上部生育との関係を検証するため、天水田圃場試験ならびに、傾斜円筒法と改良根箱・ピンボード法を用いた土耕試験を行った。材料には、IRRIで育成されたIR64を遺伝的背景とした染色体断片導入系統群 (INLs) (Fujita et al. 2010)のうち、節水栽培圃場試験で収量性が高かった系統と、東北タイの天水田栽培品種であるKDML105とNSG19を、IR64とともに供試した。天水田圃場試験において、乾物生産能力が高かった系統は、土壌乾燥ストレス後の再灌水に対して素早く応答して根系発育を促進し、その結果高い水吸収能力と光合成能力を維持し、乾物生産および収量を維持した。とくに、IR64INLsのうち、YTH183は、乾燥ストレス後の再灌水に応答して、分けつあたりの節根の発生能と伸長能、また節根から分枝した側根の伸長能を顕著に促進した。現在、本研究で選抜された天水田適応系統を用いて、実際の天水田農家圃場において、土壌環境の実態や特徴と根系分布について調査ならびに解析を進めているところである。

O-9 イネの根の通気組織形成過程における活性酸素種関連遺伝子の組織特異的な発現解析

深澤彩¹・山内卓樹¹・長村吉晃²・西澤直子^{3,4}・堤伸浩³・中園幹生¹

(¹名古屋大学生命農学, ²農業生物資源研究所ゲノムリソースセンター, ³東大農学生命科学, ⁴石川県立大生物資源工学研究所)

(fukazawa.aya@h.mbox.nagoya-u.ac.jp)

通気組織は植物の地上部から根端部への酸素供給を行うために重要である。イネは、好気環境下において根に通気組織を恒常的に形成し、嫌気環境下においてその形成範囲を誘導的に広げることで、嫌氣的な土壌に適応している。誘導的通気組織は、エチレンの蓄積により制御されるプログラム細胞死によって形成されることが知られているが、その詳細な分子機構は明らかになっていない。

本研究では、イネの根の誘導的通気組織形成に関わる遺伝子を探索するため、冠根において通気組織形成が初めて観察される嫌気処理 36 時間後に、マイクロアレイによる網羅的な遺伝子発現解析を行った。その結果、活性酸素種 (ROS, reactive oxygen species) の生成を担う respiratory burst oxidase homolog (RBOH) をコードする遺伝子の発現が誘導され、ROS の除去を担う metallothionein (MT) をコードする遺伝子の発現が抑制されることが明らかになった。さらに、laser microdissection 法により根の各組織を単離し、遺伝子発現解析を行った結果、*RBOH* 遺伝子の発現誘導および *MT* 遺伝子の発現抑制が、皮層組織特異的にみられた。そこで、嫌気条件下において、ROS の発生阻害剤である diphenyleneiodonium (DPI) を処理したところ、誘導的通気組織形成の阻害がみられたため、DPI 処理の有無によって発現変動する遺伝子をマイクロアレイによって選抜した。その結果、細胞壁の分解を担う酵素遺伝子の発現が、DPI 処理によって抑制されることが明らかになった。これらの結果から、嫌気条件下の冠根においては、皮層組織特異的な *RBOH* の発現誘導および *MT* の発現抑制によって ROS が蓄積することで細胞死が引き起こされ、通気組織の形成が誘導されることが示された。なお、本研究は (独) 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推進事業の助成により推進された。

O-10 エチレンと活性酸素種によるコムギ幼植物体の嫌気ストレス応答と根の通気組織形成の制御

山内卓樹^{1*}・渡邊宏太郎¹・深澤彩¹・森仁志¹・安倍史高²・川口健太郎²・小柳敦史²・中園幹生¹

¹名古屋大学大学院生命農学研究科, ²農研機構作物研究所 (*atkyama@agr.nagoya-u.ac.jp)

通気組織は、植物体内での気体の通り道として、嫌氣的な土壌における地上部から根端部への酸素供給に寄与している。コムギなどのイネ科の畑作物は恒常的に通気組織を形成せず、嫌気環境下で誘導的に通気組織を形成するため、嫌気環境下において障害を受け易い。イネ科植物の根の通気組織形成はエチレンによって誘導されることから、本研究ではコムギにエチレンの前駆物質である 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) による処理を行い、根の誘導的な通気組織形成率の解析を行うと共に、ACC による前処理の有無が嫌気ストレス応答に与える影響を評価することを目的とした。コムギ (品種: Bobwhite SH98 26) の種子を播種し、水耕法により好気条件下で 5 日間生育させた後、好気条件下の ACC 処理区 (20 μ M) と ACC 非処理区で 2 日間生育させた。さらに、好気条件下および嫌気条件下で 1 週間生育させ、幼植物体の生育や根の通気組織形成率を評価した。その結果、ACC 非処理区において嫌気条件下で 1 週間生育させた幼植物体は、好気条件下で生育させた場合と比較して顕著な生育の阻害がみられたのに対し、ACC 処理区では嫌気条件下における生育の阻害が緩和されることが明らかになった。また、ACC 処理区では ACC 非処理区と比較して、根の通気組織形成が広範囲に誘導されることが示された。本研究は (独) 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推進事業の助成により推進された。

P-1 コムギ種子根の通気組織形成能の評価手法

川口健太郎¹・モハマド エムダドウル ハック²・森正彦³・安倍史高・小柳敦史⁴

農研機構作物研究所

(現：¹北海道農業研究センター・²佐賀大学・³帯広畜産大学・⁴九州沖縄農業研究センター)

(kentaro@affrc.go.jp)

多雨多湿のわが国では、コムギやダイズなどの畑作物の湿害が問題となっている。耐湿性の強い作物の開発にあたっては、再現性のある耐湿性の評価法や、耐湿性にかかわる植物の形質の評価法の確立が欠かせない。特に地下器官（根など）に形成される通気組織の形成能は耐湿性に深く関係するが、土壌中の植物組織の観察は困難である。本研究では、コムギ (*Triticum aestivum* L.) の根における通気組織形成能を評価する手法の開発を目的とした。コムギ栽培には、樹脂製ポット (18cm 径、30cm 高) を用いた。生育を揃えるには、用土には園芸粒状培土 (クレハ社)、芝の目土 ((株) グリーンテック) などを用いて均一に詰めること、栽培環境はファイトトロンを用い、土壌環境をモニターしつつ水分を厳密に制御することが重要であった。通気組織の形成の有無は、切片作成と検鏡により行ったが、根の断面に占める通気組織の面積比率および根の長軸に沿った発達程度の両面での評価が必要と考えられた。(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、間野吉郎博士、中園幹生博士、小原実広博士より有益なご助言をいただいた。記して感謝する。)

P-2 ダイズにおける挿し木時の不定根と二次通気組織の形成へのオーキシンの影響

高橋宏和・中園幹生

(名大院生命農学)

(hiro_t@agr.nagoya-u.ac.jp)

湛水土壌における不定根や二次通気組織の形成は、耐湿性に関わる形質として重要である。ダイズにおいて二つの形質は共に湛水条件に応答して形成されるものの、不定根と二次通気組織の形成における共通性については不明な点が多い。不定根の形成にはオーキシンが関与することが古くから研究されているため、本研究では、オーキシンに着目して、不定根と二次通気組織形成の共通性を見いだすことを目的とした。

ダイズにおいて二次通気組織は、水面下の胚軸全体に観察されることから、その形成を経時的に観察することが容易である。それに対して、不定根は不規則に形成されることから、その形成部位を予測することができず、その形成を経時的に観察することが困難であった。そこで、挿し木時に不定根が必ず切断面付近から形成されることを利用し、不定根形成の観察を行った。挿し木後 2 日目に篩部繊維の間の細胞数が増加し、不定根原基の形成が開始していることが観察された。湛水時にダイズは胚軸に二次通気組織形成を形成する。しかし、挿し木時には不定根が発生した周囲で二次通気組織が観察されるものの、その他の場所では観察されなかった。そこで、挿し木時に用いる水耕液にインドール酢酸 (IAA) 及び、オーキシンの阻害剤である PCIB と NPA を加え、効果を観察した。IAA 処理時には、切断面のみならず、IAA 溶液に浸った部位全体で不定根と二次通気組織が誘導された。また PCIB 処理時には、切断面での不定根形及び、二次通気組織は形成されなかった。これに対して、NPA 処理を高濃度で処理した際には不定根及び二次通気組織形成は観察されなかった。一方、低濃度の NPA を処理した際には、不定根の形成は観察されなかったものの、溶液に浸った部位全体で二次通気組織の発達が観察された。これらの結果から、ダイズの挿し木時の不定根と二次通気組織形成には、オーキシンが関与していることが示唆された。

P-3 イネ種子根系における異形側根間での発生部位と導管成熟部位との関係における差異

株木拓也*・三屋史朗・山内章

名古屋大学大学院生命農学研究科

(*連絡先 kabuki.takuya@e.mbox.nagoya-u.ac.jp)

イネの側根においては異形性が存在し、太く、長く、高次の側根を分枝するL型側根は、直径の最も大きい中央後生木部大導管(LMX)および直径のより小さい後生木部導管(EMX)をもつ。一方、細く、短く、分枝能をもたないS型側根はLMXを欠き、EMXのみをもつ。同様に異形側根をもつソルガムにおいて、L型側根と種子根の間でLMXどうしが連続し、S型側根と種子根の間ではEMXどうしが連続していることが報告されている。また、導管の水通導性は、導管細胞が細胞質や導管細胞間の隔壁を伴う未成熟な段階では著しく低い。以上を踏まえ、本研究では、L型側根は種子根軸上で、その内部でLMXが成熟した範囲に発生し、一方で、S型側根はEMXが成熟した範囲に発生する、という仮説を立てた。導管成熟部位の特に隔壁の有無を確認する観察法として、従来のパラフィン切片法より簡便な新たな手法を考案、検討し、異形側根の発生部位と種子根軸導管の成熟部位との関係を定量的に検証した。

【材料と方法】 イネ品種日本晴を用いて、人工気象器内で水耕と土耕で栽培した。発芽後5日目から14日目の植物体の種子根を用いた。以下の方法で観察した。①抱水クロラル液による根組織の透明化。②0.01%サフラン水溶液による染色。③中心柱の単離。④根の乾燥処理と再加水によって生じた導管内気泡の移動を指標とした観察。また、これらの手法の有効性を評価するために、従来のパラフィン切片法を用いて導管成熟部位の観察を行った。

【結果と考察】 これらの手法を用いることで、従来のパラフィン切片法に比べてより簡便に導管の成熟部位を観察できた。その結果、L型側根が、種子根軸内LMXが成熟して高い水通導性を有する部位に発生しており、S型側根が、種子根軸内EMXが成熟して高い水通導性を有する部位に発生していた。以上より、イネ種子根系において、側根の中で比較的高い水通導性をもつL型側根は、種子根軸上で、その内部のLMXが成熟し、根軸方向の水通導性が高い部位にのみ発生し、水通導性が低い部位では発生できないことが示唆された。

P-4 エネルギー作物ネピアグラスの栽培による土壌の肥沃度向上と浸食抑制

関谷信人*, 阿部淳, 森田茂紀(東京大学大学院農学生命科学研究科)(kapinivilage@yahoo.co.jp)

バイオエタノールは石油代替燃料や地球温暖化対策として期待されるものの、食用作物を原料とする場合が多く、食糧と燃料の競合が問題となっている。そこで、非農地で栽培した非食用の草本植物からエタノールを製造する技術開発が進められている。私達は、これまでにインドネシア共和国ランブン州でのネピアグラス栽培により、エタノール原料を周年供給するシステムを提案した。一般的に、エネルギー作物栽培では地上部全量を利用するために、土壌へ還元される有機物が主に根系に限られることから、土壌肥沃度の低下が懸念されている。そこで、ランブン州の未利用地と鉱山跡地で継続中の実証試験において土壌調査を実施した。未利用地では、4ヵ月毎の全刈りで年間45~50tのバイオマスを収穫可能であるが、2ヶ月毎に4条おきで刈取る“条抜き多回刈り”によって収量が1.6倍増加した。そこで、土壌を調査したところ、条抜き多回刈りによって炭素濃度も増加していた。鉱山跡地は鉄鉱石の埋蔵量が殆どないために放棄された土地であり、重金属ではなく心土層の露出が植生回復を妨げている。保水性と肥沃度の低い心土層でも、耕起、苗移植、堆肥施用により、初年度で9~19tのバイオマスを収穫した。そこで、土壌を調査したところ、無植栽区と比較して炭素濃度が増加しただけではなく、同時に窒素濃度も増加していた。さらに、生育期間中の降水による土壌流出量が無植栽区と比較して抑制されていた。以上から、ネピアグラスをエネルギー作物として非農地に栽培すると、土壌肥沃度が向上し、土壌浸食も抑制できる可能性が示唆された。

P-5 土壌の窒素無機化の変化に対する細根の養分吸収の応答

福澤 加里部 (北大・北方生物圏セ)・浦川 梨恵子 (東大院・農)・菱 拓雄 (九大・演習林)・柴田 英昭 (北大・北方生物圏セ)・宮本 敏澄 (北大院・農)・館野 隆之輔 (京大・フィールド研)

(連絡先: caribu@fsc.hokudai.ac.jp)

土壌の窒素動態と植物細根による養分吸収の関係を明らかにするため、異なる土壌を用いて細根侵入の有無が土壌の正味窒素無機化量に及ぼす影響を調べた。北海道の多雪・少雪地域にそれぞれ位置する北大雨龍研究林(雨龍)および九大北海道演習林(足寄)内にてレジンコア法による現地培養実験を行った。土壌カラムの部分メッシュにしたイングロスコア式レジンコア(根あり区)を開発し、根が侵入できない通常のレジンコア(根なし区)との間で窒素無機化量を比較した。KCl抽出により得られた抽出液のアンモニウム態窒素(NH₄-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)濃度を測定し、培養前後の土壌に含まれる窒素量の差とイオン交換樹脂に含まれる窒素量を合計したものを正味の窒素無機化量(NH₄-N生成量、NO₃-N生成量)とした。両土壌とも根あり区において生育期の正味の窒素無機化量は低く、生成した無機態窒素が侵入根に吸収されたことが示された。土壌の硝化率は足寄土壌と雨龍土壌でそれぞれ43%、1%であり、生成する無機態窒素の種類が異なった。根あり区においては、足寄土壌でNO₃-N生成が、雨龍土壌でNH₄-N生成量がそれぞれ低下した。このことから、生成する窒素の形態の変化に対して、細根は利用しやすい形態の窒素を吸収するという可塑性をもっていることが示された。

P-6 ダイズ品種間における幼苗期根長の変異とその遺伝解析

許 東河・Thitaporn Phumichai・Huatao Chen・Guiquan Li

国際農林水産業研究センター

(〒305-8686 茨城県つくば市大わし1-1、xudh@jircas.affrc.go.jp)

根系の成長形態は耐乾性に係る一つの形質として重要であり、根系の改良による耐乾性育種が注目されている。本研究では、世界各国に由来するダイズ品種12系統について、水耕栽培した幼苗期根の長さを調査した。その結果、根長の長い品種としては「Fendou 16」など、根長の短い品種としては「K099」や「Goishi Shiohana」などが挙げられた。ダイズ幼苗期根の長さに関連するQTL(Quantitative trait locus)を検出するために、韓国の短根型ダイズ品種「K099」と中国の山西省に由来する長根型品種「Fendou 16」との交雑から作成したF₃世代の分離集団($n = 102$)を用いてQTL解析を行った。根長は、播種3~4日後の幼苗を1/2濃度のHoagland and Arnon水耕栄養液(pH = 6.5)で約2週間栽培後、各個体の主根長を測定した。一方、QTL解析のため、SSRマーカーを用いて遺伝子型の調査を行った。QTL解析を行ったところ、染色体16番に座上するSSR(Simple Sequence Repeat)マーカーSat_361の近傍間に根長に関連するQTLが検出された。このQTLにおいては、「Fendou 16」のアレルが根長を増加させる効果を示した。今後は、世代を進めて組換え自殖系統(RILs)群を養成し、検出されたQTLを再確認する必要がある。また、DNAマーカー選抜によりダイズ根長の準同質遺伝子系統を作成し、これらを実際の乾燥環境の圃場で栽培して、根系の成長形態ならびにダイズ耐乾性への貢献効果を検証する予定である。

P-7 コムギ品種におけるカドミウムおよび必須栄養元素の根から地上部への移行性の解析

久保堅司^{1*}、小林浩幸¹、太田 健¹、村上敏文¹、石川哲也¹、江口哲也¹、藤田雅也²、渡邊好昭³、
信濃卓郎¹

¹農研機構東北農業研究センター、²農研機構作物研究所、³農研機構中央農業総合研究センター

(*連絡先 ktskubo@affrc.go.jp)

カドミウム (Cd) は人畜にとって有害な元素であり、作物に含まれる Cd の低減は重要である。コムギにおける子実への Cd の蓄積機作を明らかにするため、本研究では Cd と数種の必須栄養元素の根から地上部への移行性に着目した。子実の Cd 濃度が特徴的な 6 品種を用いて子実濃度で元素間の相関関係を見たところ、Cd はマグネシウム (Mg)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe) および亜鉛 (Zn) と有意な正の相関関係を示した (Kubo et al. 2013)。子実の Cd 濃度の差異が大きかった 2 品種間で Cd とこれら必須栄養元素の根から地上部への移行時の選別性を、選別係数 ((地上部 Cd 濃度 / 地上部必須栄養元素濃度) / (地下部 Cd 濃度 / 地下部必須栄養元素濃度)) で比較したところ、成熟期における Cd と Mg の選別係数は子実 Cd 低蓄積品種が高蓄積品種と比較して有意に低い値を示した。Cd と Mn、Fe および Zn の選別係数についても、多くの生育ステージにおいて子実 Cd 低蓄積品種が高蓄積品種よりも低い値を示した。これらの結果から、Cd は子実に到達するまでに Mg、Mn、Fe および Zn といった必須栄養元素と同様の挙動を示す一方で、子実 Cd 低蓄積品種は高蓄積品種と比較して、根から地上部に移行する際 Cd と必須栄養元素とをより選別する機能を有している可能性が推察された。本研究は農林水産省委託プロジェクト「農地・森林等の放射性物質の除去・低減技術の開発」および農研機構先行的・試行的研究課題「コムギにおけるカドミウム等有害元素の蓄積低減に向けた吸収性および輸送性の遺伝的変異の解析」の一部として実施した。

P-8 イネ初期栄養成長期における浸透圧ストレス耐性の遺伝的変異と根系の形態的特徴

豊福恭子・松波麻耶*・永澤信洋・小川敦史 (秋田県立大学)

(連絡先: 小川敦史 E-mail 111111@akita-pu.ac.jp)

遺伝的変異のあるイネ品種群を用い、浸透圧ストレス耐性程度の変異およびストレス耐性品種と感受性品種の根系形態の形態学的特徴について調査した。供試材料としてイネ遺伝資源の網羅的な材料である World Rice Collection (WRC) の中から 54 品種および IR28、Azucena、IR64、IRAT109、Dular を用いた。催芽処理した後 14 日間水耕栽培を行った (対照区)。浸透圧ストレス処理として 7 日目に polyethylene glycol 6000 を水耕液 1L につき 200 g 溶解し水耕液の水ポテンシャルを -0.42 MPa に調整した (ストレス区)。ストレス耐性程度を評価するためにストレス区/対照区の値を算出すると、地上部乾物重では 0.874 から 0.376、根乾物重では 0.931 から 0.342 の品種間変異を示し、両者の値には有意な相関が得られた。上記の結果から浸透圧ストレス耐性品種および感受性品種をそれぞれ 5 品種選抜し、根系形態について詳細に調査した。浸透圧ストレス処理により長くて太い L 型側根数は耐性品種群において 1.5 倍から 3.6 倍に増加したのに対し、感受性品種群では 0.8 倍から 0.9 倍に僅かに減少した。冠根数および細くて短い S 型側根数は両品種群において減少していたが、減少程度は耐性品種群で有意に小さかった。以上のことから、浸透圧ストレス下での物質生産能の遺伝的変異には根系発達の維持程度、特に L 型側根の発達が強く関与していることが示唆された。

P-9 トウモロコシ根先端中心柱組織細胞列と始原細胞

齊藤進^{1*}、高橋三男^{2*}、仁木輝緒¹ (¹拓殖大・工、²東京高専・物質工)

(tniki@la.takushoku-u.ac.jp)

トウモロコシ種子根中心柱の先端域での細胞は、1) 内鞘細胞、2) その他中心柱柔細胞からなる。内鞘細胞は基部に向かい原生師部細胞・師管、原生木部細胞・道管を分化させる。一方、中心柱の大部分を占める柔細胞は、後生木部細胞・道管、中心柱柔細胞へと分化する。中心柱柔細胞は、形態形成の過程で、主として縦方向への細胞分裂の結果、基部から先端へ整然と細胞配列の繋がった形態を示す。この細胞列の収束した部位が先端となり、始原(体)細胞である。

さて、始原体細胞は、幾つか? 1個なのか数個なのか、数10個まとまった静止中心(QC)を、始原体として良いのであろうか? 我々はジャイアントトウモロコシを用い、播種4日目、根の伸長が4~5cmの種子根の先端から、顕微鏡観察用試料(切片)を作成し、中心柱柔細胞の配列を調べた。また樹脂が酵素処理等の組織化学反応も可能とするので、始原体細胞が細胞サイクルのどのステージにあるのかも検討した。

正中縦断面像で基部から先端に向け細胞列を観察すると、細胞がそれぞれ整然と積み重ね状(積み木状)になっているのが分かる。しかし、先端近くになると、観察される細胞像は急に複雑な形を示す。これら細胞群は細胞辺が多辺(面)になる。中心柱先端を真下から接線上で得た横断面像では、それら細胞は、5面体以上の多面体を示していた。なお、これら細胞に細胞分裂像は観察されず、酵素処理によって示される核の中のDNAの存在は核質中に均一に分散しているのではなく、核膜部位に偏在していた。

これら観察は、始原体細胞は1~数個に絞ることが出来ること、これら細胞は静止期のステージにあることを示唆していた。

P-10 Genotypic variation in root morphological traits involved in deep root development and root plasticity of upland NERICA under water deficit conditions

Daniel Menge^{1*}, Daigo Makihara², Shuichi Asanuma² and Akira Yamauchi^{1a}

(¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²International

Cooperation Center for Agricultural Education, Nagoya University)

^aCorresponding author: ayama@agr.nagoya-u.ac.jp

We previously reported that the plasticity in deep root development and branching at the shallow soil layer (0~20 cm) were key root traits for upland NERICA adaptation to water deficit conditions (Menge et. al 2012). In this study, we aimed to identify specific root morphological traits that determine such plasticity under water deficit conditions. We used NERICA1, NERICA4 and IRAT109 (upland deep-rooting), which were grown in a shallow experimental field (20 cm in depth) that was equipped with a line source sprinkler (LSS) system creating a soil moisture gradient, and a sloping bed (SB) experimental system with increasing soil depths from 30~65 cm. Shoot samples were collected at 66 days after transplanting (DAT) and at 98 DAT in LSS and SB, respectively. Root samples were collected with a round monolith sampler. We defined deep root as those below 20 cm from the soil surface. In both experiments, soil moisture content at the sampling day was measured using TDR and ranged from 5~40% v/v. NERICA1 maintained shoot dry weight (SDW) under mild water deficit conditions at the LSS while NERICA4 and IRAT109 maintained SDW at the SB under mild water deficit conditions (11~18% v/v). At the LSS, NERICA1 had higher specific root length (83.5 m g⁻¹) than the rest, which shows vigorous lateral root development in shallow layer, while at the SB, NERICA4 had higher deep root length density (2.35 cm cm⁻³) and deep root ratio (0.49) than the rest specifically under mild water deficit conditions. IRAT109 was characterized by quite high specific root length of deep roots (254 m g⁻¹), which was the key root trait under mild water deficit. These results confirmed our previous findings on the existence of genotypic differences among varieties in the expression of root plasticity that is triggered by mild water deficit conditions.

P-11 ほ場試験における放射性セシウムの根粒菌への蓄積

○二瓶直登・広瀬農・田野井慶太郎・中西友子(東京大学大学院農学生命科学研究科)

anaoto@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

[背景・目的] 福島県が実施している農産物の緊急時環境放射線モニタリングによると、放射性セシウム濃度はイネでは激減しているのに対し、ダイズでは100Bq/kg以上となる割合が高い。しかし、ダイズの放射性セシウム蓄積量が高い要因、ならびに、共生する根粒菌がダイズの放射性セシウム吸収にどのように関与しているかは明確ではない。そこで放射性セシウムの吸収に根粒菌が関与しているかどうかを調べるため、ダイズに付着した根粒菌の放射性セシウム濃度等を測定した。

[材料と方法] ダイズ(品種名:ふくいぶき)を福島県飯館村で2013年6月29日に無施肥で播種した(畝間約80cm、株間10cm)。ほ場の放射性セシウムは約13000Bq/kg(深さ20cm)、交換性カリウムは15.8mg/100g、pHは6.2であった。播種後11日から地上部のサンプリングを行い、開花期以降、適宜に根粒を採取した。サンプルを水で十分に洗浄した後、20ml容器に詰め、Na(Tl)Iシンチレーションカウンター(パーキンエルマー社製)で放射性セシウムを測定した。

[結果・考察] 開花期に根粒菌は60個/本付着していた。ダイズ地上部の放射性セシウム濃度は、開花期前までは約450Bq/kgであったが、開花期以降は減少し100Bq/kgとなった。根粒菌は開花期では1000Bq/kgであったがその後減少した。部位別に濃度をみると、地上部の放射性セシウム濃度は葉≒葉柄>茎となり、地下部では側根≒根粒菌>主根であった。

今後は、放射性セシウムの根粒菌内の蓄積分布や、その蓄積が与えるダイズの放射性セシウム吸収への影響を検討する。

P-12 トウモロコシとテオシントを用いた酸素漏出バリア関連形質の解析

渡邊宏太郎^{1*}、西内俊策¹、大森史恵²、間野吉郎²、中園幹生¹

¹名古屋大学大学院生命農学研究科、²農研機構畜産草地研究所

(*watanabe.kohtaro@a.mbox.nagoya-u.ac.jp)

トウモロコシ(*Zea mays ssp. mays*)は耐湿性が低く、過湿条件下で湿害を受けやすい。その要因の一つに、耐湿性に大きく関与する根の酸素運搬能力が低いことが考えられる。トウモロコシでは、酸素は根端まで運搬される際、酸素輸送経路である通気組織から漏出してしまうため、根端まで十分に供給されない。一方、耐湿性の高いトウモロコシの近縁種テオシント(*Zea nicaraguensis*)では、通気組織からの酸素の漏出を抑制する酸素漏出バリアが形成されるため、酸素は効率的に根端まで運搬される。このテオシントは耐湿性の低いトウモロコシ自殖系統Mi29と交雑が可能であり、トウモロコシ染色体断片の一部をテオシント染色体断片に置換した部分置換系統(Introgression Line: IL)が作出されている。そこで本研究では、41系統のILの酸素漏出バリア形成能力を評価することで、酸素漏出バリア形成に関わるテオシントの染色体断片を保持するILを同定することを目指した。各ILに対し4日間の発芽処理を行った後、好気条件下で7日間、嫌気条件下で10~13日間生育させ、円筒型酸素電極計を用いて根からの酸素漏出量を測定した。その結果、テオシントと同様の酸素漏出バリアを形成するILが存在することが明らかとなった。

P-13 深根性イネ科植物エリアンサスを利用した石油汚染土壌のファイトレメディエーション

土肥哲哉^{1,2*}・阿部淳²・我有満³・森田茂紀²

1:日本有機資源協会 2:東京大学農学生命科学研究科 3:九州沖縄農研センター

*E-mail:doi@jora.jp

石油関連施設では石油で汚染された土地が少なからずあり、石油汚染土壌を浄化するための安価で簡便な技術方法の開発が強く求められているが、現在まで有効な手法が確立されていない。そこで、深根性の多年生イネ科植物でバイオエタノール原料の候補にも挙げられているエリアンサス(*Erianthus arundinaceus*)を、石油汚染土壌の現場(山口県下松市)およびポット(東京大学)で栽培し、茎葉部の生育、根系の分布、石油成分濃度の変化を調査して、エリアンサスによるファイトレメディエーション(植物環境浄化)の有効性を検討した。

その結果、石油成分濃度が1,000~30,000 ppmの土壌においてエリアンサスは十分な生育を示した。土壌の汚染と硬さにも関わらず、根は1m以上の深さまで到達し、根圏土壌からは石油分解細菌が検出された。土壌の石油成分濃度も時間経過に伴って低下傾向を示した。これらのことから、エリアンサスを利用すれば、土壌表面から深さ約1mまでの範囲において、石油汚染土壌のファイトレメディエーションが可能であることが強く示唆された。本研究は「JX 日鉱日石エネルギー・東京大学・九州沖縄農業研究センター共同研究」として行われ、現在特許出願中である(出願番号:特願2013-16410, 出願日:2013年8月2日, 名称「油汚染土壌の浄化方法」)。

P-14 サツマイモの塊根成長におよぼす根圏の含水率およびCO₂濃度の影響

○斯琴巴図*・北宅善昭・平井宏昭・渋谷俊夫・遠藤良輔

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 (*E-mail: siqinbatu8080@yahoo.co.jp)

農業用水の少ない乾燥地では、水を効率的に利用できる作物生産システムが要求される。本研究では、世界的に重要な作物であるサツマイモを乾燥地で効率的に生産する技術の開発を目的として、地表面蒸発を抑制できる地中給水による砂耕栽培法について検討した。ここでは、サツマイモの塊根成長に及ぼす根圏の含水率およびガス環境の影響について報告する。培地として砂を入れた容器でサツマイモを栽培し、培地中の含水率を変えるために、地下水位を砂培地表面から15、20、25および30 cmに設定した。地下水位の上昇に伴い、培地中の含水率は増加し、砂培地表面から深さ20 cmでのCO₂濃度は3.5%まで増加した。培地中のO₂濃度は18.1~19.6%であった。塊根の乾物重は地下水位25 cmで最大となり、30 cmで最小となった。次に、培地中のCO₂濃度の生育への影響を調べるために、CO₂濃度調節剤を用いて、砂培地表面から深さ10~40 cmでの平均CO₂濃度を1.8%、2.5%および4.9%に調節した。その結果、培地中のCO₂濃度の増加は、塊根成長を抑制した。培地中の含水率が低いと吸水抑制に伴う塊根成長の抑制が生じ、逆に含水率が高いと、培地中のCO₂濃度の上昇が塊根成長を抑制する一因になると考えられた。