

Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.26, No.4
December 2017

Japanese Society for Root Research

目 次

【巻 頭 言】	
会員の皆様へ	83
【技術ノート】	
根箱・ピンボード法に用いる根系採取装置の開発と利用法 神山拓也・吉留克彦・荒川祐介	85
【報 告】	
第 47 回根研究集会に参加して	92
第 47 回根研究集会発表プログラム	94
第 47 回根研究集会発表要旨	98
【会 告】	
2017 年度根研究学会賞の決定について	113
根研究学会「苺住」国内研修支援の募集	115
お詫びと訂正	116
「根の研究」第 26 巻 総目次	117

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



事務局からのお知らせ

1. 第47回根研究集会の開催と2018年度根研究学会賞の授賞報告

10月28日に大阪府立大学で第47回根研究集会が開催されました。松村篤実行委員長、築瀬雅則実行委員ならびに学生を含む大阪府立大学の皆様のおかげをもちまして開催することができました。ありがとうございました。大阪府立大学の高野順平教授による特別講演「植物におけるホウ素の獲得と移行-ホウ酸トランスポーターの局在と制御を中心に-」も開催されました。詳しくは本号に掲載の報告をご覧ください。また、学術奨励賞2件（塩野克宏氏、山本岳彦氏）の授賞式と受賞記念講演を執り行いました。今号に受賞講演の講演要旨を掲載しております。優秀発表賞は陽川憲氏、渡邊友実加氏の2名が受賞しました。

2. 2018年の根研究集会

・第48回根研究集会

群馬県内で5月末に開催する予定で、本間知夫会員に企画をお願いしています。次号で開催日をお知らせします。

・第49回根研究集会

森林総合研究所東北支所（岩手県盛岡市）が開催地で開催に向けて準備中です。

3. 学生会員の参加費は無料です

2017年から学生会員の参加費は無料になりました。これまで根研究集会の参加費は一般会員、学生会員、非会員を問わず同額でした。非会員の参加費は、一般・学生に関係なく、一般会員より1,000円程度高くなります。学生会員は集会受付で学生証の提示をお願いいたします。この機会にぜひ根研究学会学生会員にご加入いただけますよう、関係学生の皆さんにご周知いただけますようお願いいたします。

4. 名簿データ更新のお願い（異動のないかたもご協力下さい）

住所・所属・研究テーマ等に変更のある方は本号に掲載の案内、または根研究学会ホームページ (<http://www.jsrr.jp/>) の「諸手続-名簿データ更新」のコーナーをご参照頂き、データをお送り下さい。また、各種調査に備えて今後会員の性別と学生・社会人の別を集計することにしました。特に変更のない方も名簿データの更新にご協力ください。これら追加データは、主に会員構成（男女比など）を把握するために使わせて頂きます。

5. 電子版会誌のダウンロードについて

2017年度から根研究学会ホームページおよびJ-Stageから電子版会誌をダウンロードするためのパスワードを変更したのでご注意ください。ユーザー名の変更はありません。

根研究学会電子版会誌の URL <http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html>

J-Stage の URL <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/rootres/-char/ja>

6. 投稿のお願い

会誌「根の研究」では、原著論文のほかに、ご自身の一連の研究を他分野の会員にも分かりやすく解説したミニレビューを重視しています。学術功労賞・学術奨励賞の要件である、本会における研究成果の報告は、ミニレビューによる解説も認められていますので、積極的にご寄稿下さい。また、研究手法や学生向けの実験・実習法の解説なども歓迎します。

7. 根研ロゴの使用について

これまで「根研」のロゴを入れたTシャツなどのグッズを事務局が製作し、研究集会で販売してその収益を特別会計の収入としていました。しかし、売れ残りが生じると特別会計の赤字になってしまうためグッズを積極的に製作することは困難でした。そこで、会員の皆様が使用料を支払うことで根研ロゴを使用したグッズを自由に製作することができるようになりました。使用料は1製品につき300円です。詳しくは事務局までお問い合わせください。

8. 会費納入のお願い

2017年度の会費をまだお支払い頂いていない方は、下記の郵便振替口座に納入をお願いします。請求書等の伝票をご希望の方は、事務局までお知らせ下さい。

年会費（2017年）： 電子版個人 3,000 円，冊子版（+電子版）個人 4,000 円，冊子版団体 9,000 円
（年度は1月－12月です）

郵便振替口座 口座名義（加入者名）：根研究学会， 口座番号：00100-4-655313

[他の銀行から振込の場合：ゆうちょ銀行 ○一九店（ゼロイチキユウテン） 「当座」0655313]

根研究学会所在地・連絡先： 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

（株）共立内 根研究学会事務局 TEL：03-3551-9891／FAX：03-3553-2047

- メールアドレス 事務局：neken2017@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長：editor2017@jsrr.jp
Plant Root 編集委員長：editor2017@plantroot.org
- Web サイト 根研究学会：<http://www.jsrr.jp/>
Plant Root：<http://www.plantroot.org/>

根箱・ピンボード法に用いる根系採取装置の開発と利用法

神山拓也*・吉留克彦・荒川祐介

農研機構 九州沖縄農業研究センター 都城研究拠点

要 旨：根箱・ピンボード法では、根系構成要素の配置や構造を破壊せずに根系を採取することが可能である。本報では従来に比べ、これをさらに容易かつ正確に行うための装置を開発した。従来の根箱・ピンボード法では、側板が取り外し可能な根箱、960本の釘を刺したピンボード、これらの釘の数だけ孔を開けた二つ折りのポリエチレンシート（以下、シート）を必要とする。しかし、従来法では、このシートの孔開けに多大な労力を要していた。また、従来法では、根系採取の過程でピンボードを根箱へ正確にセッティングするのは困難であった。そこで、著者らは根箱・ピンボード法の標準化に向け、根系採取に必要な作業を棒ガイドを通じておこなえる作業台と、シート押し出し用メッシュ枠とメッシュ枠押し出し器具、などを作成した。作業台により、孔の開いていないシートのピンボードへの押し挿し、根箱へのピンボードの押し挿しを、正確かつ迅速に行えるようになった。さらに、シート押し出し用メッシュ枠とメッシュ枠押し出し器具により、シートのピンボードからの取り外しが可能となり、シートへの孔開けが不要となった。これらの器具により、根系採取にかかる時間は削減され、正確に根箱に伸張した形のまま根系を採取することができた。

キーワード：根系、根系構築構造、ダイズ、トウモロコシ。

Root sampling equipment for a root box-pin board method: Takuya KOYAMA, Katsuhiko YOSHIDOME and Yusuke ARAKAWA (Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, National Agriculture and Food Research Organization)

Abstract : Root box-pin board method has been used for sampling the whole root system with minimum impairment and disturbance to its structure. This method requires a root box with one removable front wall, a pin board, on which 960 stainless nails are vertically driven at equal intervals, and a folio of transparent polyethylene sheet with 960 holes. Though the sheet enables us to detach and preserve the whole root system, preparation of the sheet is tedious and time-consuming. Furthermore, in the process of root sampling, it is difficult to align rapidly and precisely the pin board with the soil in the root box. Thus, we devised a work table with guide bars, which facilitates the fast and accurate alignment of the pin board. We also devised a stainless grid frame and a grid pressing plate, which enabled us to strip down the sheet with no holes from the pin board. This apparatus enabled us a fast and accurate root sampling in the root box-pin board method.

Keywords : Maize, Root architecture, Root system, Soybean.

緒言

植物の根系は、種子根、茎から発生する不定根、それらから発生する側根、さらには種子根、不定根、側根の一部の表皮細胞が伸長した根毛により構成される(河野, 1987)。形態・組織学的に異なるこれらの根系構成要素は、植物の発育に伴い土壌空間に配置され、微生物との共生的関係などを通じて、養水分を吸収し、地上部を支持する(河野, 1987; 田島, 2013; 山内, 2016)。そこで、これらの根系構成要素の配置や構造を破壊せずに根系全体を採取し、それぞれの要素の形態と、全根系における機能分担を調査するために根箱・ピンボード法が考案された(Kono et al., 1987)。そして、

これまでに、根系構成要素と、植物種間差、土壌硬度、水ストレス、根粒菌やアーバスキュラー菌根菌などとの関係が調べられてきた(例えば、河野, 1987; Yamauchi et al., 1987; Iijima et al., 1991; Yano et al., 1996; Kano-Nakata et al., 2012)。

根箱・ピンボード法では、側板が取り外し可能な根箱(横 250 mm × 縦 400 mm × 幅 20 mm)、10 mm 間隔に格子状に 960 本の釘を刺したピンボード、ピンボードの釘の位置に合わせて両面に 5 mm 径の孔を開けた二つ折りのポリエチレンシート(以下、シート)を用いる(第 1 図)。そして以下の手順で根系を採取する。

①植物を生育させた根箱の側板を外し、ここにシートの片面をかぶせたピンボードを押し挿し、ピンボード

を反転し根箱を外す。②釘に絡んだ土壌を洗い流し、孔の開いたシートのもう一方の片面をかぶせることでシートに根系を挟み込む。③ピンボードからシートごと根系を引き抜くことで根箱内に伸張した形のままの根系を採取する。

しかし、根箱の側板を外した面にシートの片面をかぶせたピンボードを押し挿す際、ピンボード上の釘と根箱との位置関係の把握が難しく、サンプリング間や作業員間で差異が生じないようにピンボードを押し挿すには慎重な作業が必要である。さらに、事前にシートの孔開けを手作業で行うため、多大な労力を要する。

そこで、著者らは、これらの問題を解決し、容易かつ正確に同様のサンプリングができ、シートへの孔開け作業を採取と同時に進める根系採取装置(吉留・神山, 2016)を開発したので、ここに紹介する。

材料と方法

1. 装置の特徴

根箱には、Kono et al. (1987) により考案された、透明なPVC板(厚さ5mm)を組み合わせたものを用いた。

この根箱の大きさは縦400mm×横250mm×幅20mmであり、側板が取り外し可能になっている(第1a図)。

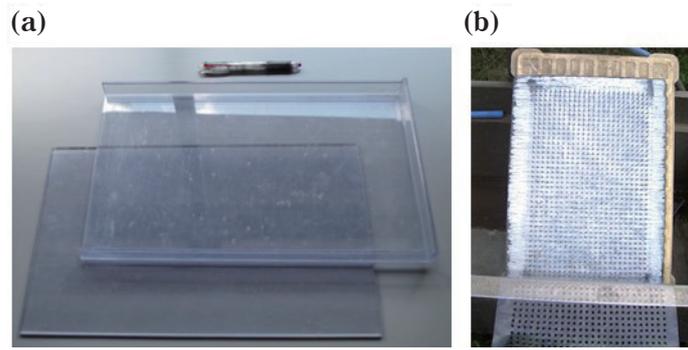
新たに開発した根系採取装置(第2図)は、シートカット用型板、クリップ、シート押し出し用メッシュ枠、ピンボード、作業台、シート押さえ込み板、メッシュ枠押し出し器具、から構成される。各器具の詳細は第1表に記載した。

シートのピンボードへの押し挿しと根箱へのピンボードの押し挿し(第3,4,5図)を容易かつ正確に行うため、ピンボードとシート押さえ込み板の四隅に孔を開け(第2e,h図)、作業台の四隅に棒ガイドを配した(第2f,g図)。ピンボードにはシート押し出し用メッシュ枠を固定できるようにアルミ角材ネジ止めを3箇所に取り付け(第2d,3a図)、作業台には根箱の位置を固定できるように上下左右6箇所にアルミ角パイプを取り付けた(第2f,g,4a図)。

あらかじめ孔の開いていないシートでもピンボードから取り外せるように(第5c,d図)、シート押し出し用メッシュ枠とメッシュ枠押し出し器具を作成した(第2c,i図)。シート押し出し用メッシュ枠によりシートへかか

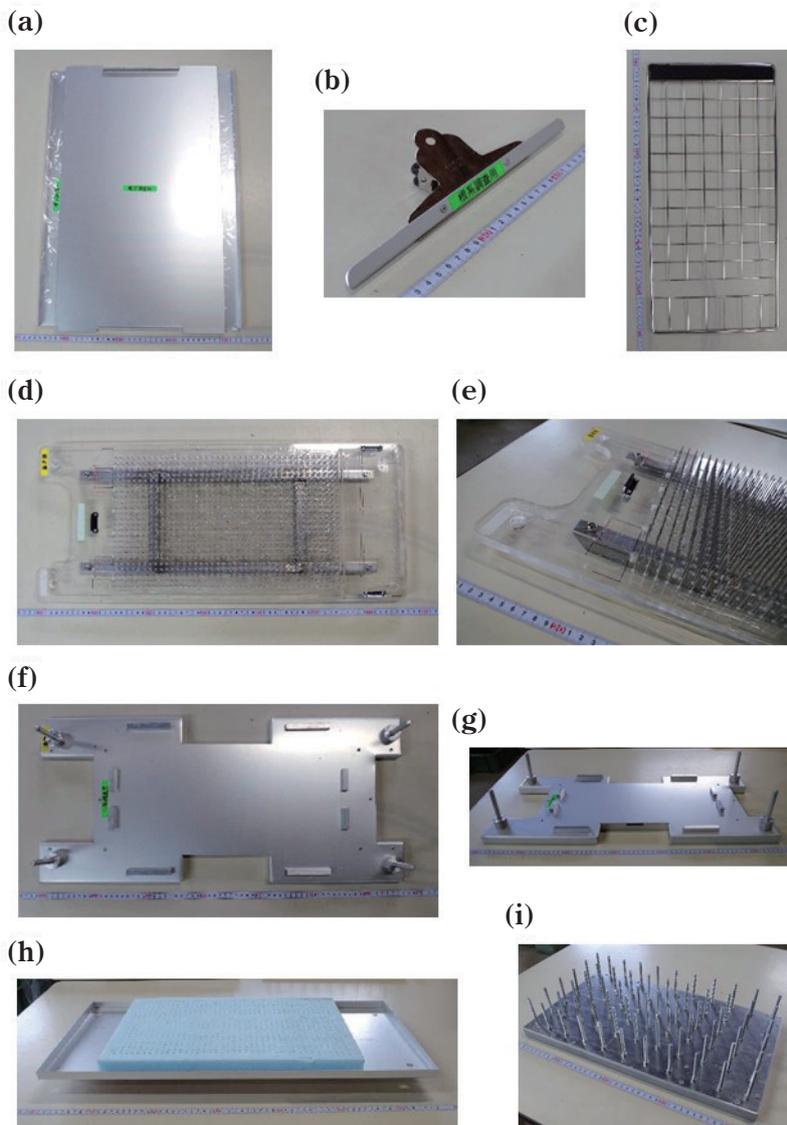
第1表 根系採取装置に必要な器具の名称とその詳細。

器具の名称	器具の詳細
シートカット用型板	シートカット用型板は、幅の異なる二枚のアルミ板(横320と380mm×縦530mm×厚さ2mm)から作成した。幅の広い下板にポリエチレン袋(横380mm×縦530mm×厚さ0.03mm)を載せ、幅の狭い上板で挟み、上板両サイドに沿ってポリエチレン袋長手方向を切り落とすことによって、二つ折りのシートを、一度に100組作成できるようにした。
クリップ	ピンボードとシートを固定できるように(第3a図)、目玉クリップ(クリ-23, KOKUYO, 日本)の挟み口に細長いアルミ板(横265mm×縦12mm×厚さ2mm)を取り付けた。
シート押し出し用メッシュ枠	シート押し出し用メッシュ枠は、ステンレス製のメッシュパネル(横280mm×縦600mm)とスポンジシート(横265mm×縦30mm×厚さ3.5mm)から作成した。メッシュ枠押し出し器具(第2i図)と共に用いることで、ピンボードからシートを取り外せるようにした(第5c,d図)。
ピンボード	ピンボードは、二枚の亚克力板(横280mm×縦660mm×厚さ5mm)と、ステンレス釘(直径1.7mm×長さ27mm)、ネジ(直径2.6mm×長さ15mm)止めされたアルミ角材(横10mm×縦40mm×厚さ5mm)から作成した。一枚目の亚克力板には、根箱のふた受け分のスリット(横250mm×縦10mm)と960箇所に10mm間隔で直径1.7mmの孔および釘の頭部の厚み分のへこみを施した。また、シート押し出し用メッシュ枠を固定するために、アルミ角材を3箇所に取り付けた。その後、二枚目の亚克力板を接着し、四隅に作業台の棒ガイドが入る直径12mmの孔と66箇所に40mm間隔でメッシュ枠押し出し器具のボルトが入る直径7mmの孔を設け、上部内側を四角形(横160mm×縦60mm)に切り取った。ピンボードの背面には、移動を容易にするために、ステンレス製の枠を取り付けた。
作業台	作業台は、アルミ板(横300mm×縦660mm×厚さ2mm)と、長さの異なるアルミ角パイプ(横10mm×縦40と80mm×厚さ2mm)およびアルミ製の棒(直径10mm×長さ95mm)から作成した。ピンボードへのシートの押し挿しと根箱へのピンボードの押し挿し(第3,4,5図)を容易かつ正確に行うため、四隅にアルミ製の棒ガイドを取り付けた。さらに、根箱を固定するために、上下にそれぞれ二箇所ずつ短いアルミ角パイプを、左右にそれぞれ長いアルミ角パイプを取り付けた。
シート押さえ込み板	シート押さえ込み板は、アルミ板と発泡ウレタン製の板(横275mm×縦435mm×厚さ28mm)から作成した。
メッシュ枠押し出し器具	メッシュ枠押し出し器具は、アルミ板(横240mm×縦430mm×厚さ3mm)とボルト(直径5mm×長さ60mm)から作成した。アルミ製の板の66箇所に格子状に40mm間隔でアルミ板から55mmとび出すようにボルトを取り付けた。



第1図 根箱・ピンボード法に必要な道具.

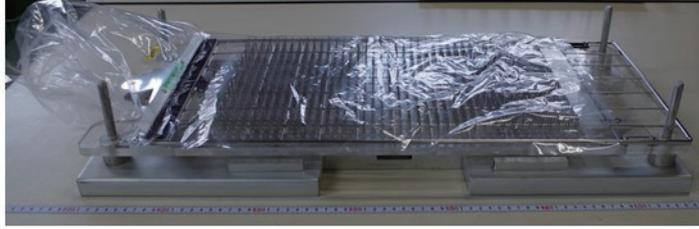
根箱 (a), ピンボードと孔の開いた二つ折りのシート (b) (名古屋大学大学院生命農学研究科助教の仲田麻奈博士が第1b図の写真を提供).



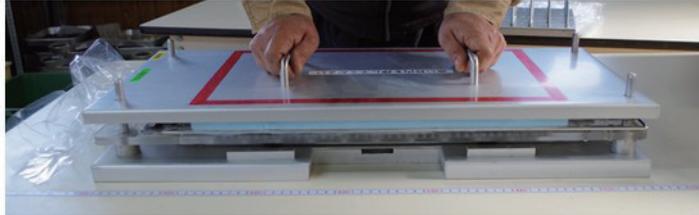
第2図 根箱・ピンボード法の作業を容易に正確に行うための根系採取装置.

シートカット用型板 (a), クリップ (b), シート押し出し用メッシュ枠 (c), ピンボード (d,e), 作業台 (f,g), シート押さえ込み板 (h), メッシュ枠押し出し器具 (i).

(a)



(b)



第3図 ピンボードへのメッシュ枠とシート片面の設置手順。
ピンボード、メッシュ枠と二つ折りシートの作業台への設置 (a), シート片面のピンボード針山への押し挿し (b).

(a)



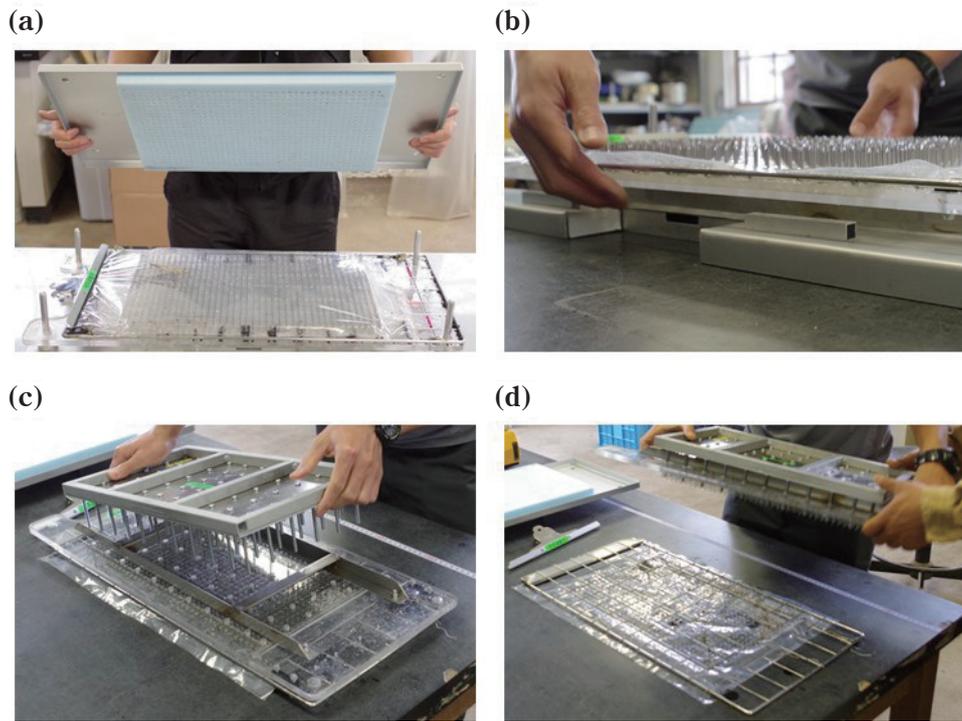
(b)



(c)



第4図 根系のピンボードへの固定。
ピンボードの土壌と根系への押し挿し (a), 根系を含んだ土壌からの根箱の取り外し (b), シート片面上の土壌の洗い流し (c).



第5図 根系のシートへの挟み込み。
シートのピンボードへの押し挿し (a), シートに挟まれピンボードに固定された根系 (b), 押し出し器具によるシートのピンボードからの取り外し (c), シートに挟まれた状態の根系とメッシュ枠 (d).



第6図 鶏ふん堆肥施用の有無でのトウモロコシとダイズの地上部(上)とその根系(下)。
トウモロコシ (a, b), ダイズ (c, d), 鶏ふん有り (a, c), 鶏ふん無し (b, d).

る圧力が分散され、シートをピンボードから取り外すことができる。ピンボードの裏から押し出せるように、メッシュ枠押し出し器具の凸部が通過できる孔をピンボードに開けた(第2e,i, 5c,d 図)。さらに、ピンボードとシートを固定できるように、目玉クリップの挟み口に細長いアルミ板を取り付けた(第2b, 3a 図)。シート押さえ込み板には、釘を刺し、かつ、根を傷つけないように、発泡ウレタンを取り付けた(第2h, 5a 図)。

2. 検証実験

トウモロコシとダイズを鶏ふん堆肥施用の有無の条件で栽培し、新たに開発した根系採取装置を用い、根系採取に必要な時間の計測を行い、正確に採取できるのか調査した。

(1) 植物生育条件

鶏ふん堆肥施用の有無が根系の発達に及ぼす影響を調査するために、直径2 mmの篩にかけた黒ボク土に普通化成肥料(N:P:K = 8:8:8) 175 mg kg⁻¹と鶏ふん堆肥2 g kg⁻¹ないし0 g kg⁻¹を施用し、よく混和した。この土壌1.6 kgを充填した根箱に、トウモロコシ(品種:ゆめちから)を2016年7月22日に、ダイズ(品種:フクユタカ)を7月29日に、それぞれ播種し、8月16日まで栽培した。土壌を均一に詰める方法、灌水方法などは、Kono et al. (1987)に準じた。

(2) 根系サンプリング手順

1) 二つ折りのシートの作成

シートカット用型板(第2a 図)にポリエチレン袋を挟み込み、両サイドを刃の切れのよいカッターで切り取り、二つ折りのシートを作成した。

2) ピンボードへのメッシュ枠とシート片面の設置

作業台に、針山を上にしたピンボード、シート押し出し用メッシュ枠の順番で設置した(第3a 図)。クリップを用いて、ピンボード、メッシュ枠、二つ折りシート上部の折り目部分を固定した。二つ折りシートの片面をめくりあげ、残りの片面の四隅を釘に押し込んだ。先にシートの四隅を釘に押し込むことでシートが張り、きれいに仕上げる事ができた。その後、作業台四隅の棒ガイドに沿って、シート押さえ込み板でシート片面をピンボードに押し込んだ(第3b 図)。

3) 根系のピンボードへの固定

シートの片面とメッシュ枠が釘に押し込まれた状態のピンボードを作業台から取り外した。根箱の側板を根箱に沿ってずらしながら上に取り除き、外された側を上面にして作業台に設置した。最初に外したピンボー

ドの針面を下にして、作業台の四隅の棒ガイドに沿って、根系を含んだ土壌に針を押し込んだ(第4a 図)。この状態のピンボードを作業台から取り外し、洗い場へと持って行き、洗い場で根箱を土壌に沿わせて下に取り除いた(第4b 図)。シャワーヘッドのついたホースで水をかけ流し、土壌を取り除いた。土壌を十分篩にかけていないと、土塊や石がピンボードの釘に挟まるため、そのように残ったものは、ピンセットなどで取り除いた(第4c 図)。

4) 根系のシートへの挟み込み

根系を固定したピンボードを、作業台の四隅の棒ガイドに沿って設置した。めくっていたシートの片面の四隅を釘に押し込み、作業台のアルミ製の棒に沿って、シート押さえ込み板でシートをピンボードに押し込んだ(第5a 図)。シートの両面とメッシュ枠が釘に押し込まれた状態のピンボード(第5b 図)を作業台から取り外し、反転した。メッシュ枠押し出し器具のボルトをボルト用の孔に沿って挿入し、メッシュの交点をボルトが押し込むことで(第5c 図)、メッシュ枠ごとシートを釘から取り外した(第5d 図)。

結果と考察

従来法においては、根系のサンプリングのみで約15分要していた(Kono et al., 1987; Judd et al., 2015)。また、手作業でシートの孔開けを行う場合、100孔開けるのに約25分要した。一方、本根系採取装置を用いた場合、シートの作成から根系のサンプリングまでに要した時間は約10分であった。そして、正確に根箱に伸張した形のまま根系を採取することができた(第6 図下)。本実験では、反復も取らず、根長などの計測もしていないが、トウモロコシでは鶏ふん堆肥の施用によって根長が長く(第6a,b 図)、ダイズでは根長が短くなっていることが観察された(第6c,d 図)。

以上より、根箱・ピンボード法用に新たに開発した根系採取装置は、根箱・ピンボード法を用いた実験に必要な時間の大幅な削減とその標準化に寄与すると考えられる。

補足

最後に、採取した根系の保存と解析方法について補足する。シートに挟まれた状態の根系を、Formalin-Acetic acid-70% ethanol mixture (FAA) にシートごと浸漬することで、根箱に伸張した形のままの根系を長期間保存できる(Kono et al., 1987)。また、Amido Black 10 B や Coomassie Brilliant Blue R によりこの根系を染色し(Kono et al., 1987)、解像度が300 dpi以上のデジタルカメラや透過原稿に対応したスキャナー(GT-X970

や ES-G11000, エプソン, 日本) を用いることで, 細い根を含めた根系全体の鮮明な画像をコンピューターに読み込むことができる (Kano-Nakata et al., 2012). さらに, これらの読み込まれた画像を, 市販の画像解析ソフト (WinRHIZO, Regent Instruments Inc., Canada) や, 無料の画像解析ソフト ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/index.html>) とそのプログラム (Tajima and Kato, 2013 ; 田島, 2014), により解析することで, 太さ別の根長等のデータを取得することができる.

謝辞

本研究の一部は, JST ACCEL (JPMJAC1403) の助成を受けて実施した. 本稿の執筆にあたり, 名古屋大学大学院生命農学研究科教授の山内章博士, 農研機構九州沖縄農業研究センター畑作研究領域長の小柳敦史博士より貴重な意見を頂き, 名古屋大学大学院生命農学研究科助教の仲田麻奈博士に写真を提供していただいた. また, 研究推進にあたり, 農研機構九州沖縄農業研究センター業務第3科の皆様, 契約職員の皆様に大変お世話になりました. この場を借りて深く御礼申し上げます.

引用文献

Iijima M., Kono Y., Yamauchi A., Pardales J.R. 1991. Effects of soil compaction on the development of rice and maize root system. *Environ. Exp. Bot.* 31: 333-342.
Judd L.A., Jackson B.E., Fonteno W.C. 2015. Advancements in root

growth measurement technologies and observation capabilities for container-grown plants. *Plants* 4: 369-392.
Kano-Nakata M., Suralta R.R., Niones J.M., Yamauchi A. 2012. Root sampling by using a root box-pinboard method. In Shashidhar H.E., Henry A., Hardy B. eds., *Methodologies for root drought studies in rice by International Rice Research Institute*. Los Baños (Philippines). pp. 3-8.
河野恭広 1987. 根の形態と分布量. 土壌施肥編 農業技術大系 第1巻 土壌と根圏 II. 農文協, 東京. pp. 1-19.
Kono Y., Yamauchi A., Nonoyama T., Tatsumi J., Kawamura N. 1987. A revised experimental system of root-soil interaction for laboratory work. *Environ. Contr. Biol.* 25: 141-151.
田島亮介 2013. マメ科植物の根系形態の環境応答. 日本作物学会講演会要旨集 第235回日本作物学会講演会. 496-497.
田島亮介 2014. Image J を用いた画像解析による根長の評価. 根の研究 23: 75-81.
Tajima, R., Kato, Y. 2013. A quick method to estimate root length distribution in diameter classes by using freeware ImageJ. *Plant Prod. Sci.* 16: 9-11.
山内章 2016. 作物根系の構造およびその可塑性の機能的意義. 日本作物学会講演会要旨集 第241回日本作物学会講演会. 272-275.
Yamauchi A., Kono Y., Tatsumi J. 1987. Comparison of root-system structures of 13 species of cereals. *Jpn. J. Crop Sci.* 56: 618-631.
Yano K., Yamauchi A., Kono Y. 1996. Localized alteration in lateral root development in roots colonized by an arbuscular mycorrhizal fungus. *Mycorrhiza* 6: 409-415.
吉留克彦, 神山拓也 2016. 植物の根系採取装置. 実願2016-004405, 2016.9.9, 実登3207600, 2016.10.26.

第 47 回根研究集会に参加して

馬場隆士

東京農工大学連合農学研究科

第 47 回根研究集会が 2017 年 10 月 28 日に大阪府立大学中百舌鳥キャンパスにて開催されました。大阪での集会開催は 20 年ぶりということで、以前の集会を懐かしく思い起こされた会員の方もおられたのではないのでしょうか。今回は口頭発表 8 題、ポスター発表 15 題に加えて、大阪府立大学の高野順平教授による特別講演「植物におけるホウ素の獲得と移行－ホウ酸トランスポーターの局在と制御を中心に－」、さらに福井県立大学の塩野克宏准教授による「イネの耐湿性に関与する根の酸素通気システムの研究」および農研機構東北農業研究センターの山本岳彦博士による「セル苗の深植え定植によるキャベツ結球部の倒伏抑制と根系発達に注目したそのメカニズムの解明」という二題の学会賞受賞講演が行われ、非常に充実した集会内容でした。これらの講演で紹介された成果の一部は、根研の先達による研究を発展させたものであることが語られるなど、根研の歴史や会員同士の繋がりが目に見えた良い集会であったと感じています。私自身におきましても、今回口頭発表させて頂いた異形根性の研究は、行き詰まっていたときに『根の研究』のミニレビューから着想を得たもので、感慨深いものがありました。

私は今回で 3 回目の集会参加でしたが、口頭発表、ポスター発表とも、前回、前々回に劣らない活発な質疑応答や意見交換がなされていました。今回は様々な植物種の根に関して、基礎から応用まで幅広い議論が行われており、光をはじめとする環境要因への根の応答とそのメカニズム、土壌中の養分状態と関連した形態形成に関する発表が注目を集めていました。個人的には、栽培技術の開発など応用面において成果を得た研究にも、基礎的な現象と密接なつながりが感じられるデータがみられるのが面白く、さらなる発展の可能性について楽しく議論させて頂きました。また、普段は栽培環境で研究を行っているため、森林や室内における研究の話が聴くことができたことは非常に有意義でした。今後、さらに多様な植物の根について多面的な発表が行われることを期待しています。

10 月 29 日には編集委員の面々を中心に根研が発行する国際誌『Plant Root』を考える会が開かれました。『Plant Root』や『根の研究』はよく読んでいて興味があったのと、オープンな会ということで私も参加させて頂きました。本会においては、『Plant Root』の目指す方向性などが議論されました。事務的な部分は割愛しますが、



全体での集合写真。参加者も多く、充実した集会でした。

本誌が、研究結果の新規性だけに捕らわれずにデータの価値を判断し、査読過程においても著者としっかりとコミュニケーションをとる方針をもっていることを好ましく感じました。私のような根の研究者を目指す学生のスキルアップやキャリアパスにおいて、このような雑誌の存在は重要であると考えています。現在、オープンアクセスながら掲載費がかからない点も魅力的なので、同様の方針をもつ『根の研究』と併せて、特に若手、学

生会員の方々は投稿を検討してみても如何でしょうか。私も折を見てチャレンジするつもりです。

最後になりましたが、第47回根研究集会を主催して下さった松村 篤助教授ならびに大阪府立大学の皆様、ご参加頂いた皆様に厚く御礼申し上げます。また、集会や懇親会において議論に加わって頂いた方々、研究生生活に関して温かい励ましの言葉をかけて頂いた方々にも重ねて御礼を申し上げます。ありがとうございました。



ポスター発表の様子。活発な質疑応答が行われていました。

第 47 回根研究集会プログラム

<日時> 2017 年 10 月 28 日 (土)

<場所> 大阪府立大学なかもずキャンパス, B11 棟大会議室 (1 階)

〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1 番 1 号

10:15~10:50 受付

10:50~10:55 開会の挨拶 (犬飼義明 根研究学会 会長)

11:00~12:00 口頭発表 (講演 12 分, 質疑 3 分, ☆優秀発表賞エントリー)

11:00~11:15

☆O-1 根の光応答: 根端各部位における化合物生合成と機能について

陽川憲^{1*}・František Baluška² (¹宇都宮大学 バイオサイエンス教育研究センター・
²IZMB, University of Bonn)

11:15~11:30

☆O-2 露地栽培したブルーベリーの異形根性と菌根形成

馬場隆士^{1*}・半 智史¹・伴 琢也² (¹東京農工大学大学院連合農学研究科・²東京農工
大学農学部)

11:30~11:45

☆O-3 根端から直径 2 mm に至るまでの細根系に着目したヒノキ次数根形態特性

土居龍成^{1*}・谷川東子²・和田竜征¹・平野恭弘¹ (¹名古屋大学環境学研究科 ²森林総
合研究所関西支所)

11:45~12:00

☆O-4 エリアンサスの根による吸水の可視化

金井一成¹・山口晃平²・森田茂紀² (¹東京農業大学大学院農学研究科・²東京農業大学農
学部)

12:00~13:00 昼食

13:00~14:15 ポスター発表 ☆優秀発表賞エントリー

☆P-1 リン欠乏ストレスに対してシコクビエ種子根が発揮する通気組織形成および側根発育の
可塑性

渡邊友実加^{1*}・仲田(狩野)麻奈^{1,2}・三屋史朗¹・山内章¹ (¹名古屋大学大学院生命農学研

究科・²名古屋大学高等教育院)

- ☆P-2 Aerenchyma development may enhance hardpan penetration of rice roots when grown under soil moisture fluctuation
Nguyen Thi Ngoc Dinh^{1*D3}, Roel R. Suralta², Kano-Nakata Mana^{1,3}, Shiro Mitsuya¹, Owusu Nketia Stella¹, and Akira Yamauchi¹ (¹Graduate school of Bioagricultural Sciences, Nagoya University; ²Philippine Rice Research Institute; ³Institute for Advanced Research, Nagoya University)
- P-3 前橋駅前通りケヤキ生体電位の長期連続計測～4年間の結果と今後について
本間知夫^{1*}・阿部典之²・森 隆之²・大淵 功²(¹前橋工科大学・²(株)DAiEN)
- ☆P-4 スキャナー画像をもとにした熱帯雨林における年間の細根の枯死と成長の解析
遠藤 いず貴^{*1}, 山内 里佳¹, 久米 朋宣², Lip Khoo Kho³, 片山 歩美⁴, 牧田 直樹⁵, 池野 英利¹, 大橋 瑞江¹ (1 兵庫県立大学, 2 国立台湾大学, 3 Malaysian Palm Oil Board, 4 九州大学, 5 信州大学)
- P-5 土壌の物理性がオタネニンジンの生育に及ぼす影響
久保堅司^{1*}、江口哲也¹、小林大輔²、秋葉秀一郎²、三瀨忠道²、渡辺 均³、岡崎圭毅⁴、松波寿弥¹、清水 琢⁵、星 佳織⁶、永山宏一⁶、信濃卓郎¹ (¹農研機構東北農業研究センター、²福島県立医科大学、³千葉大学、⁴農研機構中央農業研究センター、⁵清水薬草有限公司、⁶福島県農業総合センター)
- ☆P-6 飼料用水稻根系におけるデンブン蓄積に与える栽植密度と収穫時期の影響
太田怜奈・近藤誠・関谷信人 (三重大学大学院生物資源学研究所)
- ☆P-7 シロイヌナズナにおけるカリウム輸送体の翻訳後制御の検討
坂本昂生^{1*}・永田大地¹・高野順平² (¹北海道大学農学院生物資源科学専攻、²大阪府立大学生命環境科学研究科)
- P-8 作物体分析によるダイズの根圏環境の推定—土壌水分条件と地上部代謝産物の関係—
岡崎 圭毅^{1*}、田中福代¹、中村 卓司²、岡 紀邦²、大脇良成¹
(農研機構・中央農業研究センター研¹、農研機構・北海道農業研究センター²)
- ☆P-9 土壌環境の異なるスギ林における細根次数形態特性
和田竜征^{1*}・谷川東子²・土居龍成¹・平野恭弘¹ (¹名古屋大学大学院環境学研究科 ² 森林総合研究所関西支所)
- ☆P-10 飼料用水稻根系のデンブン蓄積に与える品種と窒素施肥法の影響
小野田和哲・近藤誠・関谷信人* (三重大学大学院生物資源学研究所)
- ☆P-11 移植時の断根処理がエダマメの品質と収量に及ぼす影響
増本寛之*・松村篤 (大阪府立大学生命環境科学域)

P-12 スキャナ画像からの根系抽出マニュアルの開発

大橋瑞江^{1*}・久米朋宣²・牧田直樹³・片山歩美⁴・松本一穂⁵・遠藤いず貴¹・L Khoon Kho⁶
(^{1*}兵庫県立大学・²国立台湾大学・³信州大学・⁴九州大学・⁵琉球大学・⁶Malaysia Oil Palm Board)

P-13 地下水位制御システム FOEAS を利用したネギの安定生産

中野有加^{1*}・樋口 亮²・山川紳哉²・佐々木英和¹ (¹農研機構野菜花き研究部門, ²JA 全農営農・技術センター農産物商品開発室)

☆P-14 イネにおける根端切除法を用いた側根メリステムサイズ制御に関わる遺伝子の探索

河合翼^{1*}・兒島孝明¹・山内章¹・犬飼義明² (¹名古屋大学大学院生命農学研究科, ²名古屋大学農学国際教育協力研究センター)

P-15 主根を忌避させ、減少させる不織シート (山内シート) の効果範囲

山内祐二 (株式会社アクルス)

14:15~14:55 特別講演

植物におけるホウ素の獲得と移行ーホウ酸トランスポーターの局在と制御を中心にー
高野 順平 (大阪府立大学大学院生命環境科学研究科)

15:00~15:30 授賞式 (学会賞, 優秀発表賞)

15:30~16:00 学術奨励賞 受賞講演

イネの耐湿性に関与する根の酸素通気システムの研究
塩野克宏 (福井県立大学生物資源学部生物資源学科)

16:00~16:30 学術奨励賞 受賞講演

セル苗の深植え定植によるキャベツ結球部の倒伏抑制と根系発達に注目したそのメカニズムの解明
山本岳彦 (農研機構東北農業研究センター)

16:30~17:15 口頭発表 (講演 12 分, 質疑 3 分)

16:30~16:45

O-5 Root cell wall composition in relation to salt tolerance in wheat

SHAO Yang, AN Ping (Arid Land Research Center, Tottori University)

16:45～17:00

O-6 テオシント (*Zea mays* ssp. *mexicana*) 根始原域細胞の階層構造
齊藤進¹・仁木輝緒^{1*} (拓殖大・工)

17:00～17:15

O-7 サトウキビの製糖用品種NiF8と野生種との種間雑種97S-41との後代系統群における節根の伸長方向・根数・基部直径の変異
阿部 淳^{1*}・境垣内岳雄²・安達克樹³・山本智紘¹・梅田 周³・服部太一郎³・早野美智子³・寺島義文⁴ (1 東海大学農学部, 2 農研機構 九州沖縄農業研究センター (都城), 3 農研機構 九州沖縄農業研究センター (種子島), 国際農林水産業研究センター (石垣))

17:15～17:25 記念撮影

17:35～17:50 バス移動 (大学～懇親会会場)

18:00～20:00 懇親会「はや 総本店」

(大阪府/南海高野線三国ヶ丘駅, 〒590-0026 大阪府堺市堺区向陵西町4丁3-3)

2017 年度 根研究学会賞 (学術奨励賞) 受賞記念講演

イネの耐湿性に関与する根の酸素通気システムの研究

塩野克宏・福井県立大学生物資源学部生物資源学科 (shionok@fpu.ac.jp)

我が国は食糧自給率の向上を目的に水田転換畑での畑作物の栽培を推進しているが、長雨による生育不良 (湿害) がしばしば問題となっている。植物の湿害回避機構については、耐湿性の高いイネなどの湿生植物ですら未解明の部分が多く、現在でも畑作物の湿害回避は困難な状態にある。

土壤に留った水が排出されずに嫌気状態となった湛水土壤で、植物が順調に生育を続けるためには根の呼吸を維持できるだけの酸素の供給が不可欠である。嫌気環境にある根の先端まで酸素を長距離輸送する機能を担う ROL (酸素漏出) バリアは、イネや耐湿性の高い湿生植物が湛水した土壤に適応するための「鍵」となる重要形質である。しかし、これまで「湿生植物の ROL バリアの形成が遺伝子レベルでどのように制御されているのか?」について分かっていなかった。発表者はイネを材料に ROL バリアの形成に重要な機能を果たす遺伝子を単離し、畑作物へのその応用についての研究を続けている。

発表者は、根からの酸素漏出を定量できる特殊な円筒型酸素電極法を国内で初めて確立し、過湿ストレスを受けるとイネが数時間のうちにバリア形成を開始することを示した。続いて、レーザーマイクロダイセクション法によりバリアの形成部位だけを回収し、網羅的な発現解析をすることで、ROL バリアの形成にスベリン生合成遺伝子が多く関わることを示した。さらに、データベース (RiceXPro) の検索により、先に同定した 98 遺伝子のうち、56 遺伝子 (56%) が植物ホルモンの ABA (アブシジン酸) によって強く誘導される可能性を示した。そこで、イネが本来 ROL バリアを形成する過湿ストレス条件において、ABA 生合成阻害剤を添加したところ、バリアの形成が抑制された。さらに、同条件で ABA を生合成できないイネ変異体を栽培したところ、変異体でも同様にバリア形成の抑制がみられた。一方、その変異体に外生 ABA を添加すると ROL バリアは復帰した。これらの ROL バリアの形成と呼応するように、バリアの構成成分と言われているスベリン (疎水性の極長鎖脂肪酸からなるアポプラスト成分) は根の外皮で増減していた。このことから、イネの ROL バリア形成には、ABA シグナルを介した外皮でのスベリン蓄積が重要な役割を果たすことを明らかにした。続いて、発表者はこのメカニズムが ROL バリアをつくる能力を持たない畑作物に応用できるのかどうかを確かめるためにオオムギに外生 ABA を与えた。驚いたことに、外生 ABA によりオオムギの根の外皮はスベリン化し、ROL バリアを形成した。このように、発表者はイネの耐湿性に関わる ROL バリアの形成機構を研究し、その畑作物への応用を進めている。以上の概要を説明する。

報告

2017 年度 根研究学会賞 (学術奨励賞) 受賞記念講演

セル苗の深植え定植によるキャベツ結球部の倒伏抑制と根系発達に注目したそのメカニズムの解明

山本岳彦^{1*}・松尾健太郎²・山崎篤¹

¹農研機構東北農業研究センター、²農研機構九州沖縄農業研究センター

(*E-mail: tyamamt13@affrc.go.jp)

東日本大震災からの復旧復興を目指した復興庁のプロジェクト「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」(通称先端プロ)のなかで、我々は水田農業に露地野菜を導入する新たな経営モデルの一つとして、キャベツ機械化一体系の構築に関する研究を進めてきた。体系の核となるのはキャベツ収穫機であり、新たに市販化されたものの、課題の一つとしてキャベツ結球部の傾き(倒伏)による機械作業能率の低下が問題とされていた。

津波被災地(宮城県岩沼市)で現地試験を進める中で、キャベツセル苗を定植する際に、従来(数 mm 程度の被覆)より深植え(2cm 程度の被覆)にすること(図1)で、キャベツ結球部の傾きを軽減できることを見いだした¹⁾。次いで、そのメカニズムを解明するため、根系を調べたところ、深植えすると直径 1mm 以上の太い根のみならず、直径 0.2mm までの細根の根長密度が高くなること、また直径 2~5mm の太い根が深さ 5~10cm でより発達することを見いだした。これにより、根系発達の違いが耐倒伏性に関与する可能性を示した。植物の倒伏には、大別して茎部損傷による「挫折型倒伏」と根部損傷による「転び型倒伏」がある。我々は、根系発達の違いが転び型倒伏と関連していると考え、その関係解明のために植付け深さの異なるキャベツを用いてプランター試験を行った。過去の研究には、キャベツの根系支持力を調べたものがなかったため、測定手法(押し抵抗値)を考案するとともに、キャベツの倒伏の様子を観察し、株直下の根系及び深さ 7cm までの土壌の塊が周囲の土壌と断裂して回転することにより倒伏することを明らかにした(図3)²⁾。また、回転部分の周囲にあたる深さ 3-5cm に多数の細い根(直径<2mm)が伸長するため(図4)、浅植え定植に比べ深植え定植で根系支持力が高くなりやすいことを示した。

以上より、キャベツの倒伏抑制対策としてセル苗の深植え定植を提案し、根系発達の違いが耐倒伏性に関与することを示した。今後は、細い根の発達と耐倒伏性の関係の解明等について、更なる研究が必要と考えている。

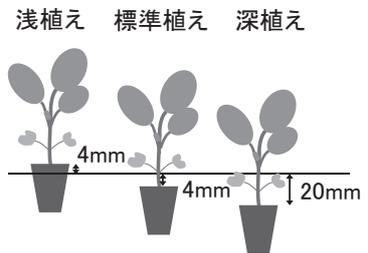


図1 キャベツセル苗の定植深さ

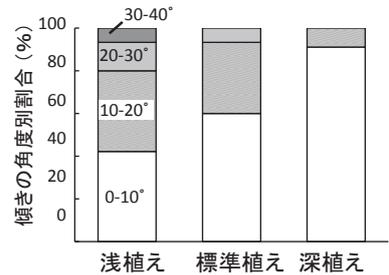


図2 キャベツ結球部の傾き

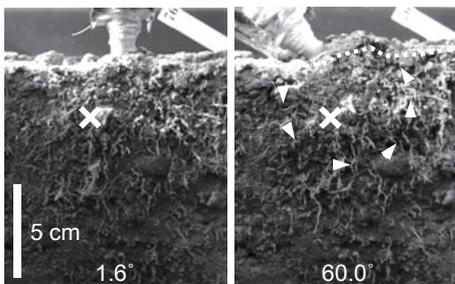


図3 キャベツ押し倒しによる根と土壌の動き
図中のばつ印、三角印、波線は、それぞれ回転中心、土壌の移動、押し倒し前の土壌表面を示す。

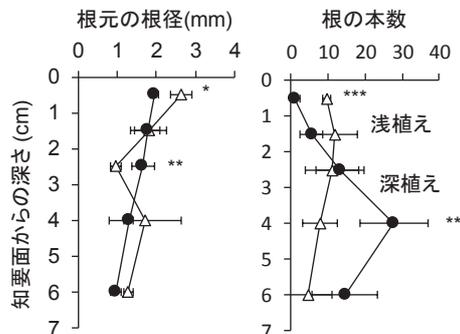


図4 キャベツ根の深さ別分布

- 1) 山本岳彦・松尾健太郎・山崎 篤, 根の研究 24:3-10 (2015)
- 2) Yamamoto T., K. Matsuo and A. Yamasaki, Scientia Horticulturae 213: 144-151 (2016)

特別講演

植物におけるホウ素の獲得と移行 —ホウ酸トランスポーターの局在と制御を中心に—

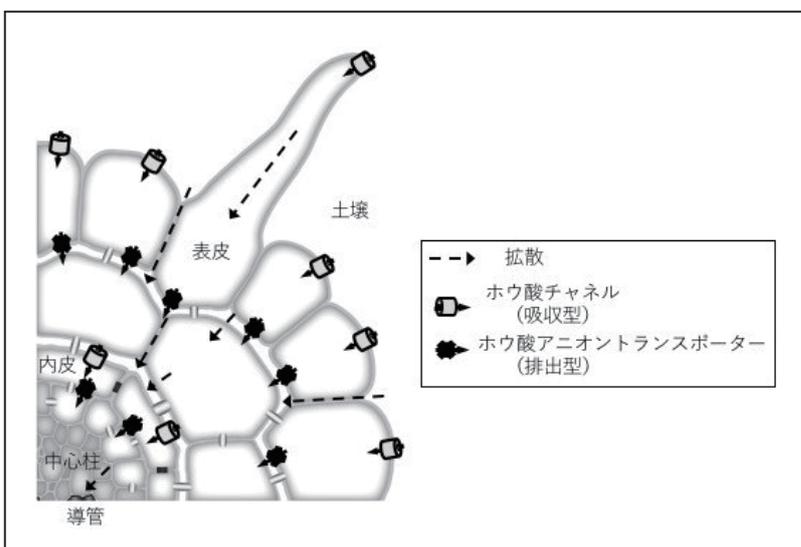
高野 順平 (大阪府立大学大学院生命環境科学研究科)

ホウ素は高等植物の必須ミネラルの一つであり水溶液中では主にホウ酸 $B(OH)_3$ の形態で存在する。ホウ酸は細胞壁ペクチンを架橋してネットワークを形成することにより、植物の生長に重要な役割を果たす。ホウ酸は雨水に溶けて流失しやすいため、日本を含む湿潤な地帯においてホウ素欠乏は作物の生育を阻害する農業上の問題となっている。一方、南オーストラリアやカリフォルニア、中東といった乾燥地ではホウ酸が土壌に蓄積し、作物が過剰害を受けやすい。植物はホウ素欠乏および過剰環境に適応するため、土壌中のホウ酸濃度に応じてホウ酸の吸収と体内移行を制御している。

ホウ酸は無電荷の小分子であるため生体膜を比較的自由に透過拡散できるが、低ホウ素環境に置かれた植物では拡散だけでは需要を満たすことができず、二つのタイプの輸送タンパク質を必要とする。一つはシロイヌナズナ NIP5;1 をはじめとするホウ酸チャンネルであり、細胞へのホウ酸吸収を促進する。もう一つはシロイヌナズナ BOR1 をはじめとするホウ酸アニオントランスポーターであり、細胞からのホウ酸排出を促進する。NIP5;1 と BOR1 は共同して根へのホウ素吸収と中心柱への輸送を促進する。興味深いことに、NIP5;1 は根の根冠・表皮・内皮細胞において外寄り（土壌側）の細胞膜ドメインに、BOR1 は根の様々な細胞において内寄り（根の中心側）の細胞膜ドメインに偏って局在する (図)。近年、このような偏在性を示す栄養素輸送タンパク質が次々と報告されており、偏在性は栄養素輸送の方向性を決定する普遍的な要因と考えられる。

私たちは最近、NIP5;1 の土壌側偏在のメカニズムの一端を明らかにし、変異型 NIP5;1 を用いることで偏在性が根におけるホウ酸輸送に重要であることを実証した。さらに、NIP5;1 の配列を利用して水チャンネルを強く偏在させることにも成功した。これを栄養素利用効率の高い作物や有害物質の取り込みを抑えた作物のデザインにつなげたいと考えている。

私たちはまた、高濃度のホウ酸に応答し BOR1 がエンドサイトーシスにより液胞に送られて分解される現象を発見している。これは、ホウ素の過剰蓄積を防ぐための応答反応である。現在、本応答反応を引き起こすホウ酸センシングのメカニズムの研究を進めている。BOR1 自体がホウ酸濃度を感知し、自身の運命を決めると考えられる結果を得ているので紹介したい。



O-1

根の光応答: 根端各部位における化合物生合成と機能について

陽川憲^{1*}・František Baluška²¹宇都宮大学 バイオサイエンス教育研究センター・^{1,2}IZMB, University of Bonn

(*yokawaken@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

光は植物にとって、光合成活動を始め重要な環境因子のひとつである。固着性の植物は生育環境における光の方向・強度を感受し、光に対して屈性を有している。植物の根も地上部と同様に、光に対する屈性を示すことが古くから知られている。興味深いことに、地上部に発現している光受容体の全ては、光の届かない土中に生育する根にも存在している。多くの場合、根は負の光屈性を有する。これは、根は重力のみならず、光も外環境を感知するための因子として利用しており、根が好ましくない光環境に晒された場合に、直ちに暗い土中に戻るために必要な能力であるといえる。発表者はこれまでに、トウモロコシの根が、光の照射を受けた際にのみ根端においてオーキシンを新規合成し、それが分裂組織に輸送された結果、重力に応答できることを報告した(Suzuki et al., J Exp Bot, 2016, 67: 4581-91.)。根の光感受は根端部で行われていることが示唆された。今回、トウモロコシの根を用いて、光照射後にどのような代謝物質が根端に合成されるかを網羅的に明らかにするために、メタボロミクス解析を行った。根端を3つの領域に分けて解析を行った結果、根の屈性運動に重要な働きを担う、分裂組織と伸長帯の移行帯において、いくつかの興味深い低分子化合物が見いだされた。本発表では根の光屈性反応における働きについて議論したい。

O-2

露地栽培したブルーベリーの異形根性と菌根形成

馬場隆士^{1*}・半 智史¹・伴 琢也²¹東京農工大学大学院連合農学研究科・²東京農工大学農学部

(*s156548z@st.go.tuat.ac.jp)

ブルーベリー(ツツジ科スノキ属)の細根は、直径 50-100 μ m ほどになり、表皮細胞には根毛がなくエリコイド菌根を形成するなど、他の植物と大きく異なっている。発表者らは、ブルーベリーの挿し木苗の不定根に由来する根系について、個根を根系の骨格を担うサイズが大きい根(骨格根)、およびサイズが小さく二次成長しない根(吸収根)に分類できることを指摘してきた。これはブルーベリーの根系が、他の樹木と同様に、異形根性に基づく発達様式をもつことを意味している。本研究は①ブルーベリーにおける異形根性がより普遍的なものか、さらに②エリコイド菌根の形成が異形根性に影響を受けるのか明らかにすることを目的とした。露地栽培したブルーベリー2種から細根系を採取し、個根を外観から骨格根と吸収根に分けてそれぞれ形態と内部構造を調査した。骨格根では吸収根よりも、根長と分枝数が6倍程、直径が3倍程大きかった。吸収根は原生木部数が2以下で二次成長が認められなかったのに対して、骨格根では原生木部数が3以上で多くの根で二次成長していた。これらの結果から、露地栽培のブルーベリーでも異形根性は認められ、広く根系の発達様式に関与していると考えられた。さらに、異形根間で菌根菌の存在程度を比較したところ、吸収根には菌根菌が骨格根より高い割合で共生していた。この結果から、根系上のエリコイド菌根の形成パターンは異形根性の影響を受けると考えられた。

O-3

根端から直径 2 mm に至るまでの細根系に着目したヒノキ次数根形態特性

土居龍成^{1*}・谷川東子²・和田竜征¹・平野恭弘¹¹名古屋大学環境学研究科 ²森林総合研究所関西支所 (*doi.ryuusei@e.mbox.nagoya-u.ac.jp)

樹木細根(直径 2 mm 以下の根)の分岐位置を考慮した「次数分類」による研究の多くは、主に直径 0.5 mm 以下とされる根端 1 次根から 3 次根を対象とし、細根の定義である直径 2 mm に至るまでの次数根の形態特性は明らかでない。また樹木細根系形態は土壌養分状態により変動しうるにもかかわらず、多くの研究が同一樹種で一つの調査地を対象としてきたため、細根系次数形態の種内変動についての知見はほとんどない。本研究では、①根端から直径 2 mm に至るまでの細根系の次数別形態特性を明らかにすること、②細根系次数形態の種内変動を明らかにすることを目的とした。

細根や土壌特性が調査されてきた東海地方ヒノキ 7 林分にて 4 次根までの細根系を、7 林分のうちの 3 林分にて根端から直径 2 mm に至る細根系を、土壌から根端などを傷つけないように丁寧に採取し、次数ごとに分け、形態特性(根長、直径など)を測定した。その結果、根端から直径 2 mm に至るまでの細根系は、5 次根から 7 次根の最高次数であり、約 1400 個根で構成されていた。また、根端に近い 1 次根から 3 次根と 4 次根以上の次数根形態特性では、土壌無機態窒素や炭素濃度との関連が異なることが明らかとなった。4 次根までの細根系について、各次数根の直径には調査地間で有意な差があったが、根長には有意差が認められなかった。本発表では比根長 SRL (m/g) や分岐比 Rb (no./no.) などの形態指標も用いてヒノキ次数根形態の種内変動について考察する。

O-4

エリアンサスの根による吸水の可視化

金井一成¹・山口晃平²・森田茂紀^{2*}¹東京農業大学大学院農学研究科・²東京農業大学農学部

(*sm205307@nodai.ac.jp)

植物の根は、土壌中から水分を吸収するという重要な役割を果たしている。根による吸水の様相を理解することは、栽培管理を考える上で重要であるが、これを可視化できた例はほとんどない。そこで、本研究では、根による吸水を可視化することを試みた。すなわち、2枚のガラス板の間に直径1cm のゴム管を挟み、クリップで固定して根箱とした。根箱には濃度 1% の寒天培地を充填し、寒天が固まる前にトルイジンブルーを添加した。このようにして準備した根箱を用いて、予め 1/5000 ワグナーポットで栽培しておいたエリアンサス(*Saccharum* spp.)から取り出したファイトマーを培養した。その結果、実験を開始して数日後に節根が出現した。また、根が伸長するとともに、根の周辺部分の寒天培地が強い青色を発色した。同時に、根箱の寒天培地の表面も若干、青色に変化した。そこで、トルイジンブルーを加えた寒天培地のみを乾燥機にかけたところ、培地表面が青色に発色した。これは、寒天培地表面から水が蒸発して、トルイジンブルーの濃度が相対的に高くなったためと考えた。もし、この仮説が正しいとすれば、根の伸長に伴って周辺部分が青色に発色しているのも、ここから水分がなくなっているからであり、根による吸水の結果といえる。すなわち、この方法により、染色液の濃度変化で、根の吸水を可視化できた可能性が高い。本研究の一部は、住友財団環境研究助成を受けたものである。

O-5

Root cell wall composition in relation to salt tolerance in wheat

SHAO Yang, AN Ping

Arid Land Research Center, Tottori University, 680-0001 Hamasaka 1390, Tottori

(an.ping@alrc.tottori-u.ac.jp)

The objectives of this study were to determine the responses of root cell wall composition (pectin, hemicellulose, cellulose, uronic acids) in sensitive and tolerant wheat cultivars and related mechanisms of root growth under saline condition. Based on the literature and previous researches, a sensitive group (cvs. Yonliang 15 and GS 6058) and a tolerant group (cvs. JS 7 and Xinchun 31) were selected as experimental materials. After germination, when the root was about 1.5 cm, a series concentration of NaCl (0, 40, 80, 120 mM) were imposed to the roots. Root length, cell wall compositions of elongation and adjacent zones and cation exchange capacity (CEC) of whole roots were measured. The data were subjected to correlation analysis. Pectin contents were affected by salinity only in elongation zone in both groups. Hemicellulose I and II were significantly increased in both zones in sensitive group under saline conditions while those in tolerant group had no change. Cellulose contents were significantly increased in both zones in all cvs with salinity treatments but the increase was more pronounce in sensitive cvs. Uronic acids contents in pectin in the elongation zone were significantly lower in the sensitive than the tolerant group under salinity while those in hemicellulose showed an opposite tendency. The CEC of sensitive group was significantly lower than the tolerant group under salinity. There was a significant positive correlation between the relative amount of pectin in the total cell wall in elongation zone and root growth ($R=0.77^*$) and a significant negative correlation between that of cellulose and root growth ($R=-0.66^*$). The correlation between CEC and root growth was positively significant ($R=0.70^*$). The results indicate the important role of pectin, uronic acids and cellulose in elongation zone in root growth in wheat under salinity. These parameters relate with the extensibility, salt ion binding and rigidity of root cells, which are of prime importance in root elongation. The significantly higher CEC of the tolerant group than sensitive group implies the function of cell wall in salt ion binding, which may affect ion transport into a cell and thus determine the salt tolerance of plants.

O-6

テオシント (*Zea mays ssp. mexicana*) 根始原域細胞の階層構造齊藤進¹・仁木輝緒^{1*}¹拓殖大・工

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

形態学的に始原細胞から木部細胞への分化の過程は、未解明なところである。演者らは根始原域の連続薄切片および切片の酵素処理等の工夫によって、始原域での細胞群・木部細胞への分化の過程を調べている。本報告は、第46回根研究集会(富山)の続報である。

テオシント (*Zea mays ssp. mexicana*) 発芽種子根の木部細胞(LMX)列は3~4本である。この木部細胞の形成起始点を1.5 μ m厚の連続切片で計測し、位置を決めた。第1番目、第2番目、第3番目に現れる木部細胞の起始点は根・根冠境界位置から50 \pm 19.7 μ m、54 \pm 19.7 μ m、59.9 \pm 2.6 μ mであった。

原表皮/原皮層、原中心柱、中心柱原細胞(vasculogen)の各層の合計層厚は、39.6 \pm 15.1 μ mであり、木部細胞の起始点(細胞)からの距離で細胞群一層の距離(約10 μ m)があった。

前報告(富山)で、木部細胞の起始(始原)細胞を明らかにしたが、木部細胞の始原を複層の細胞群とするのか、分裂し数10個となった細胞群とするのかが、宿題として残った。本データからは、vasculogenの上層に木部細胞の始原細胞を置くと理解が容易になると思われる。

O-7

サトウキビの製糖用品種 NiF8 と野生種との種間雑種 97S-41 との後代系統群における
節根の伸長方向・根数・基部直径の変異阿部 淳^{1*}・境垣内岳雄²・安達克樹³・山本智紘¹・梅田 周³・服部太一郎³・早野美智子³・寺島義文⁴

1 東海大学農学部, 2 農研機構 九州沖縄農業研究センター(都城),

3 農研機構 九州沖縄農業研究センター(種子島), 国際農林水産業研究センター(石垣)

(junabe@agrobio.jp)

サトウキビは南西諸島における主要作物の1つであるが、南西諸島の土壌は有機物に乏しく通気性・透水性が悪いなど、生産性の低い土壌が多く、干ばつが発生することも多い。こうした環境下で安定した収量が得られるサトウキビ品種を作出するためには、根量が多い、もしくは深根性の系統を見出すことが重要と考えられる。本研究では、製糖用の主力品種 NiF8 と野生品種との交雑系統で根量が多い 97S-41 およびその交雑後代9系統について、定植 87 日後における節根の伸長方向をバスケット法で評価するとともに、伸長方向別の根数や基部直径を測定し、その変異を検討した。

97S-41 は、NiF8 よりも根数が2倍多く、結果として伸長方向の浅い根も深い根も多かった。後代系統の 02GA-1007 や 02GS-1060 は 97S-41 と同程度に根数が多く、伸長方向の深い根も多かった。根の基部直径は、個体全体での平均値と伸長方向と間には明瞭な関係が見られなかったが、下方に伸びる根には基部直径の大きい根の割合が高かった。このように、後代系統には、根の数や伸長方向に大きな変異がみられ、根の形質が優れた新品種を作出できる可能性が示された。

P-1

リン欠乏ストレスに対してシコクビエ種子根が発揮する通気組織形成および側根発育の可塑性

渡邊友実加^{1*}・仲田(狩野)麻奈^{1,2}・三屋史朗¹・山内章¹¹名古屋大学大学院生命農学研究科・²名古屋大学高等教育院

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

根における皮層崩壊による通気組織形成は、トウモロコシなどの作物において窒素やリン欠乏ストレスで誘導されることが報告されている (Abiko et al., 2014; Fan et al., 2003)。この通気組織形成は好気条件下においても見られることから、根において養分欠乏ストレスにより誘導的に発達した通気組織は、嫌気ストレス下での耐湿性に寄与する酸素供給とは異なる機能を有すると考えられる。一方、イネ根においては、リン欠乏条件下で側根発育、皮層空隙形成は促進され、また皮層空隙形成と側根発育は連動し、さらにはそのような根の反応は、様々な強度のリン欠乏条件や土壤水分条件と相互作用を示すことが明らかになりつつある(今吉, 2016)。そこで本研究では、イネと同様に耐湿性に優れ、嫌気条件に適応した集中型根系を有し(Yamauchi et al., 1987)、またイネに比べて相対的に乾燥ストレスに対する適応性も大きいシコクビエ(Kono et al., 1987)を対象にし、このような現象の一般性を確かめ、通気組織形成の機能的意義を明らかにしようとした。そのため、シコクビエを、リンを十分に与えた条件と欠乏ストレス条件下で寒天培地(0.3%)および水耕(溶存酸素濃度> 5.0 ppm)で栽培し、幼植物段階で種子根における通気組織形成を面積法により、また根系発育関連形質を計測した。寒天培地においてはリンの有無にかかわらず通気組織が形成され、リンを十分に与えた条件(対照区)では通気組織率は 37.8%、欠乏区では 42.4%であったのとは対照的に、水耕栽培では、リン欠乏ストレス区の通気組織率は 15.9%で、対照区(3.1%)の5倍以上高かった。このように、水耕条件においてのみ、リン欠乏ストレスが種子根における通気組織形成を誘導したことから、シコクビエにおいても、通気組織形成に対して、培地のリンと酸素濃度(好気と嫌気)とが、強い相互作用を示すことが明らかとなった。現在、この通気組織形成と、根系発育(側根形成、節根伸長)との定量的な関係について解析中である。さらに今後は、それらと、根系の水通導性や養分吸収能との関係性を明らかにすることによって、好気条件下での通気組織形成の機能的意義の解明を目指す。

P-2

Aerenchyma development may enhance hardpan penetration of rice roots when grown under soil moisture fluctuation

Nguyen Thi Ngoc Dinh^{1*D3}, Roel R. Suralta², Kano-Nakata Mana^{1,3}, Shiro Mitsuya¹,
Owusu Nketia Stella¹, and Akira Yamauchi¹¹Graduate school of Bioagricultural Sciences, Nagoya University; ²Philippine Rice Research Institute; ³Institute for Advanced Research, Nagoya University (* ngocdinhhuu1@gmail.com)

In rainfed lowland (RFL) conditions, soil moisture fluctuations (SMF) and the presence of hardpan layer impede deep rooting, and thus rice productivity. In this aspect, root plasticity has been reported to play an important role in rice adaptation to RFL conditions. We previously reported that root aerenchyma development enhanced dry matter production and grain yield of rice plants grown under SMF, and that CSSL39 (SL39) derived from a cross between Sasanishiki and Habataki showed more root plasticity, which resulted in higher dry matter production as compared with recurrent parent, Sasanishiki in hydroponics and soil culture. In this study, Sasanishiki and SL39 were grown in the soil-filled rootbox-hardpan experimental system under two soil moisture conditions (well-watered (control) and SMF) to evaluate aerenchyma formation at different soil layers induced by SMF and compared with WW, and its contribution to dry matter production, root hardpan penetration and deep root development below the hardpan layer. Under WW, SL39 showed no significant differences from Sasanishiki in most shoot and root traits examined. However, under SMF, SL39 showed greater root system development than Sasanishiki, which was expressed in its significantly higher total root length, total nodal root length, and total lateral root length at hardpan as well as at below the hardpan layers. Interestingly, SL39 showed significantly higher root aerenchyma formation at shallow layer as compared with Sasanishiki under SMF but they were comparable under WW. In addition, there was a positive significant correlation between root aerenchyma formation at shallow layer and deep root length ratio under SMF but not under WW. These results suggest that SL39 had plasticity in root aerenchyma formation at shallow layer, which may enhance penetration into hardpan layer as well as deep root development, contributing to higher dry matter production as compared with its recurrent parent under SMF.

P-3

前橋駅前通りケヤキ生体電位の長期連続計測～4年間の結果と今後について

○本間知夫^{1*}・阿部典之²・森 隆之²・大淵 功²¹ 前橋工科大学・²(株)DAiEN

(*連絡先:本間知夫 thomma@maebashi-it.ac.jp)

一度植えるとその後何十年、何百年にも渡って生育する樹木にとって根系管理は重要であり、掘らずに根の状態を調べる方法が求められる。演者らは出来るだけ簡易かつ安価で実用的な方法として、生体電位計測による方法について検討している。これまで静岡・金谷の茶園のチャ、屋久島の世界遺産地区に生存する絶滅危惧種であるヤクタネゴヨウ、西表島の汽水域に生育するマングローブ植物、群馬・箕郷町の梅園のウメ、そして前橋駅前通りの街路樹であるケヤキの生体電位を、それら植物が生育しているその場で計測を行い、方法や装置の改良、データの蓄積に努めてきた。JR 前橋駅から北へ走る片側3車線の県道約500mの間、車道の両脇には東西約40本ずつ約80本強のケヤキが植えられている。ケヤキの保全に役立てればと、全ての個体について約1週間ずつ生体電位計測を実施したこともあるが、まずは年間を通じた電位の推移を知ることが必要と考え、適当に選んだ個体3本について4年間に渡って生体電位の連続計測を行った。電位値は年間を通じて変動し、個体により似たパターン、異なるパターンがあったが、各個体については毎年ほぼ同じであった。これら変動パターンや電位値の違いが個体の状態とどのように関係するか評価基準を決めることが次の課題である。

(謝辞)本計測は群馬県前橋土木事務所および前橋駅前通り商交会の協力を得て実施している。

P-4

スキャナー画像をもとにした熱帯雨林における年間の細根の枯死と成長の解析

遠藤 いず貴^{1*}、山内 里佳¹、久米 朋宣²、Lip Khoon Kho³、片山 歩美⁴、牧田 直樹⁵、池野 英利¹、大橋 瑞江¹

1 兵庫県立大学, 2 国立台湾大学, 3 Malaysian Palm Oil Board, 4 九州大学, 5 信州大学

(* izok@shse.u-hyogo.ac.jp)

直径2mm以下の細根の成長と枯死は、比較的短い期間で起こるとされているが、技術的な難しさからそれらの詳細は明らかでない。また、高温多湿な熱帯雨林は有機物の分解が速く、養分は土壌表層に集中するとされている。そのため、熱帯雨林では土壌表層に近いほど細根の分布や成長、枯死の動態が活発な可能性がある。本研究では、熱帯雨林における細根の成長と枯死のパターンを土壌の深度ごとに明らかにするため、マレーシアのランピルヒルズ国立公園内に設置したスキャナーで取得した画像の詳細な解析を行った。スキャナー画像は、公園内の10カ所で、2014年4月から2015年5月までの間の約1ヵ月毎に取得した。得られた画像を3深度に分け、コンピュータソフトを用いて、それぞれの深度の細根量、成長と枯死量を抽出した。解析の結果、年間総成長量の10カ所の平均値は、土壌表層から7cmまでで1.15(±0.77) mm² cm⁻²、7-14cmで1.18(±1.08) mm² cm⁻²であり、14-21cmの0.69(±0.55) mm² cm⁻²に比べて多い傾向だった。一方、年間総枯死量の10カ所の平均値は、土壌表層から7cmまでで0.83(±0.58) mm² cm⁻²、7-14cmで0.83(±0.49) mm² cm⁻²、14-21cmで0.59(±0.45) mm² cm⁻²だった。発表では、深度ごとの細根の成長と枯死の季節性も報告する。

P-5

土壌の物理性がオタネニンジン¹の生育に及ぼす影響

久保堅司^{1*}、江口哲也¹、小林大輔²、秋葉秀一郎²、三瀧忠道²、渡辺 均³、岡崎圭毅⁴、松波寿弥¹、清水 琢⁵、星 佳織⁶、永山宏一⁶、信濃卓郎¹¹農研機構東北農業研究センター、²福島県立医科大学、³千葉大学、⁴農研機構中央農業研究センター、⁵清水薬草有限会社、⁶福島県農業総合センター

(連絡先 ktskubo@affrc.go.jp)

オタネニンジン¹は健康増進から医療まで広く用いられているが、初期生育が不安定であることや、栽培体系が未整理であること、播種から収穫まで 5~6 年かかり気象災害等のリスクが大きく、収益性が不安定であることから、国内の生産量は減少傾向にある。本研究ではオタネニンジン¹の安定生産技術の開発を目的とし、特に土壌の物理性がオタネニンジン¹の生育に及ぼす影響に着目して現地における実態調査を行った。1年生オタネニンジン¹が栽培される一圃場において、生育が良好な箇所と劣る箇所で土壌硬度に違いが認められた。すなわち、生育が良好な箇所は硬度が低い層が厚い傾向にあった。圃場間の比較では低地土よりも黒ボク土の方がオタネニンジン¹の生育が優れる傾向にあった。火山灰土と砂質土の圃場において土壌の硬度と2年生オタネニンジン¹の生育を調査したところ、いずれの圃場も硬度は低く、オタネニンジン¹の生育は良好だった。これらのことから、土壌の物理性はオタネニンジン¹の生育に影響する一要因であることが推察された。

本研究は農林水産省委託プロジェクト「薬用作物の国内生産拡大に向けた技術の開発」により実施した。

P-6

飼料用水稻根系におけるデンプン蓄積に与える栽植密度と収穫時期の影響

太田怜奈・近藤誠・関谷信人^{*}、三重大学大学院生物資源学研究所

(sekiya@bio.mie-u.ac.jp)

飼料用水稻品種「たちすずか」は、極端に粒数が少なく茎葉部が大きい特徴をもつ。通常、食用イネは穂に大部分のデンプンを蓄積させるが、「たちすずか」は茎中に多量のデンプンを蓄積する。私達は、「たちすずか」が茎だけではなく、大きな地上部を支持するために発達させた根系にもデンプンを蓄積させると予測した。また、栽植密度で粒数を変化させれば、根系のシンク能が変化すると予測した。そこで、「たちすずか」とその親品種であるクサノホシを栽植密度 22.2 株/m² (標準区)、11.1 株/m² (低密度区) で栽培し、出穂後 2 週間毎に乾物重とデンプン含量を測定した。根の乾物重は、クサノホシより「たちすずか」で高く、標準区より低密度区で高かった。クサノホシでは植物体全体に含まれるデンプンの 95% 以上が穂に蓄積し、根の蓄積量は 2% 以下であった。一方で、「たちすずか」は根に 10~25% のデンプンを蓄積させた。「たちすずか」の根デンプン含量は、いずれの栽植密度においても出穂後 8 週目まで増加し続け、その増加量は低密度区で高かった。これらの結果は、「たちすずか」低密度区では、出穂後 8 週目までソース能もシンク能も高く維持され、根に多量のデンプンが再転流したことを示唆している。以上から、「たちすずか」はクサノホシと比べて、根に多量のデンプンを蓄積し、その蓄積量は栽植密度と収穫時期の交互作用で変化することが明らかになった。

P-7

シロイヌナズナにおけるカリウム輸送体の翻訳後制御の解析

坂本昂生^{1*}・永田大地¹・高野順平²(¹北海道大学農学院生物資源科学専攻、²大阪府立大学生命環境科学研究科) (t.sakamoto93@gmail.com)

カリウムは植物にとっての主要栄養素の一つである。それなくしては植物内でおきる様々な化学合成反応が行えず植物の生存は困難となる。しかし、土壌中のカリウム濃度は常時一定ではない。従って植物は土壌中のカリウムを効率的に植物内へと輸送する AKT1 や HAK5 などの輸送体を介した機構を有している。植物の輸送体について転写制御、翻訳制御、翻訳後の制御が知られているが、本研究ではシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) において低カリウム条件で発現する高親和性カリウム輸送体 HAK5 のカリウム濃度に依存した翻訳後制御について検討した。

ウェスタンブロットによってカリウム濃度依存的な HAK5 の変動を検討した。また、GFP 蛍光タンパク質を付加した GFP-HAK5 を HAK5 プロモーター及び表皮細胞特異的プロモーターにより発言させた形質転換ラインを用いて HAK5 のカリウム濃度依存的な細胞内局在の変化を解析した。

以上の結果より、植物が低カリウム条件から通常のカリウム条件へ移行した際のカリウム濃度依存的な翻訳後制御の可能性について議論したい。

P-8

作物体分析によるダイズの根圏環境の推定—土壌水分条件と地上部代謝産物の関係—

岡崎 圭毅^{1*}、田中福代¹、中村 卓司²、岡 紀邦²、大脇良成¹農研機構・中央農業研究センター研¹、農研機構・北海道農業研究センター²

(連絡先 okazakik@affrc.go.jp)

土壌水分の過不足は畑作物の生産性や各種障害の発生に関連することが知られており、近年度々発生している極端な気象条件を勘案すると、今後さらに対策の重要性が高まると考えられる。水利用量の低下は植物の積算光合成量を低下させることに加え、強いストレス条件下では根の老化が促進され、養分吸収や病害抵抗性等にも影響を与える。我々は水利用に起因する根のストレス状態をできる限り簡易に評価することを目標としているが、根を直接的に計測することは労力がかかるため、植物の地上部を利用した間接的な評価法を検討している。これまでにダイズを用いて 1/5000 深型ワグネルポットにより土壌乾燥、加湿、根域制限状態を反映する代謝産物の変化を解析し、根域における水利用状況を判定できる指標を探索した。

栄養成長期のダイズ完全展開葉を用い、ガスクロマトグラフ質量分析計により糖・有機酸・アミノ酸の組成を解析したところ、乾燥、加湿、根域制限のそれぞれの処理において、特徴的な応答を示すことが明らかになり、代謝産物を指標とした診断に利用できる可能性が示唆された。

P-9

土壤環境の異なるスギ林における細根次数形態特性

和田竜征^{1*}・谷川東子²・土居龍成¹・平野恭弘¹
¹名古屋大学大学院環境学研究科 ²森林総合研究所関西支所 (*wada.ryusei@h.mbox.nagoya-u.ac.jp)

森林生態系における炭素循環を精度高く評価するために、直径 2 mm 以下の樹木細根を養水分吸収と輸送の二つの機能に分類することが近年着目されている。根系機能を表す分類方法として分岐位置で分類する「次数分類」が提唱されており、国内外で知見が蓄積されつつある。本研究では国内人工林主要樹種でありながら次数分類による報告例が極めて限られるスギについて、次数別分類における樹種特性および種内変動を明らかにすることを目的とし、pH や無機態窒素量といった化学性など土壤環境が異なるスギ 4 林分で調査及び解析を行った。

2016 年 8 月から 9 月にかけて、4 次根を含む細根系(おおよそ 5~10 cm 四方)を 1 林分につき樹木 5 個体から 6 根系、計 30 根系採取した。根系は各分岐位置で切断し、次数別に根直径や根長、乾燥重量を測定した。また、土壌は細根系を採取した地点で採取、無機態窒素量や土壌炭素、窒素量などを測定し、細根形態指標との関係性を調べた。

その結果、スギ細根の次数形態特性として、3 次根までの根が直径 0.5mm 以下に含まれることなどが明らかになり、その中でも土壌無機態窒素環境によって形態が変動することが明らかとなった。細根形態指標と土壌特性の相関をみると、1-3 次根の直径とアンモニア態窒素に正の相関がみられたものの 4 次根では見られなかった。本発表では、これらの結果を国内人工林主要樹種であるヒノキなど既報の他樹種における次数形態特性と比較しつつ考察する。

P-10

飼料用水稲根系のデンプン蓄積に与える品種と窒素施肥法の影響

小野田和哲・近藤誠・関谷信人*・三重大学大学院生物資源学研究科

(sekiya@bio.mie-u.ac.jp)

飼料用水稲品種「たちすずか」と「たちあやか」は、それぞれの親品種であるクサノホシとホシアオバに比べて、1 穂粒数が極端に少ない。また、食用品種と比較して圧倒的に大きい茎葉部を支えるために根系が発達している可能性がある。私達は、「たちすずか」と「たちあやか」では、粒数が少なく根系が大きいことにより、出穂期以降に根系がシンク器官として機能すると予測した。また、窒素施肥で粒数を変化させれば、根系のシンク機能も変化すると予測した。そこで、4 品種を 2 水準の窒素施肥(基肥のみ、分施:移植前+幼穂形成期)で栽培した。クサノホシとホシアオバでは、出穂期から出穂後 15 週目までに根乾物重が最大で 500~700 g/m² に達したものの、デンプン含量は最大で約 26~50 g/m² であった。一方、「たちすずか」と「たちあやか」では、根乾物重が最大で 800~1000 g/m² に達した。また、デンプン含量は出穂後 8 週目まで増加し続けて 150~220 g/m² に達し、出穂後 15 週目で 110~200g/m² まで減少した。クサノホシとホシアオバは、植物体全体に含まれるデンプンの約 95%を穂に蓄積させ、根の蓄積量は植物体全体の 6%以下であった。一方で、「たちすずか」と「たちあやか」は根に 30~40%のデンプンを蓄積させた。基肥区では分施区よりも粒数が減少し、根のデンプン含量が増加した。以上から、「たちすずか」と「たちあやか」では、根がシンク器官として機能し、その機能は窒素施肥により変化することが示唆された。

P-11

移植時の断根処理がエダマメの品質と収量に及ぼす影響

増本寛之^{*}・松村篤

大阪府立大学生命環境科学域

(syc02096@edu.osakafu-u.ac.jp)

大阪府八尾市は近畿圏内におけるエダマメ産地として知られており、なにお特産品として市場価値も高い。しかし、生産現場では高齢化や再開発などによる農地の減少が問題となっており、単収の向上が求められている。さらに現場では、根を土に押し込むようにしてエダマメが移植されることが多く、正常に主根が伸長していない株が認められる。岩沢 (2010) は、育苗段階での断根が根の発達を旺盛にし、収量の増大が見込めることを報告しており、本研究ではエダマメの冬作品種‘大雪みどり’と夏作品種‘えぞみどり’を用いて、移植時における断根程度がエダマメの品質や収量に及ぼす影響を検証した。試験は2017年2月と6月に行い、育苗したエダマメを移植する際に、無処理区、主根の長さ1/2を断根した区(1/2断根区)および3/4を断根した区(3/4断根区)を設けて栽培し、開花期と収穫期に株を採取し、生育や収量を比較した。断根処理によって不定根の発生が促され、開花期においては根粒着生が促進される傾向にあった。2月播種の試験では、収量や粒数別の莢数に処理区間で有意差は認められなかったが、6月播種の試験では、1/2断根によって無処理区と比較して3粒莢数と商品莢(2, 3粒莢)収量が有意に高まった。6月に栽培したエダマメは根へ十分な光合成同化産物を供給することが可能となり、断根処理によって発生する不定根が養分に富む土壌表層に発達したことが関係していると推察された。

P-12

スキャナ画像からの根系抽出マニュアルの開発

大橋瑞江^{1*}・久米朋宣²・牧田直樹³・片山歩美⁴・松本一穂⁵・遠藤いず貴¹・L Khoon Kho⁶^{1*}兵庫県立大学・²国立台湾大学・³信州大学・⁴九州大学・⁵琉球大学・⁶Malaysia Oil Palm Board

(Mail: ohashi@shse.u-hyogo.ac.jp)

樹木根の中で一般に直径2mm以下の根と定義される細根は、比較的短い期間で生産、枯死を繰り返す。よって細根は森林生態系全体の炭素循環において重要な役割を担っているが、土壌中の根の動態調査は技術的に困難であるため、細根の成長や枯死を定量することは容易ではない。そこで本研究では、土壌中に設置したスキャナで得られた画像から、細根を抽出するマニュアルの開発を目的とした。用いた画像は、2013年5月から2014年5月までの間にマレーシアのランピル国立公園の熱帯雨林内で取得したものである。この画像を用いて、まず細根の現存量を手動で抽出し、それをもとにして変化した部分(成長量、枯死量)のみを抽出するというマニュアルを作成した。その後、解析者間の個人差を評価するため、根系研究歴の異なる5名の共同研究者でマニュアルに沿って解析を行い、結果を比較した。その結果、1回目の解析では人為差が大きく、特に枯死量でばらつきが目立った。その原因は個人によって枯死の判断が異なっていたためであると考えられた。そこで画像の調節や枯死根の定義を明確にマニュアルに追加した。新たなマニュアルに沿って再度、抽出作業を行ったところ、人為差が小さくなり、枯死量のばらつきが改善されたことを確認した。

P-13

地下水制御システム FOEAS を利用したネギの安定生産

中野有加^{1*}・樋口 亮²・山川紳哉²・佐々木英和¹

¹農研機構野菜花き研究部門, ²JA 全農営農・技術センター農産物商品開発室

(連絡先:yuka88@affrc.go.jp)

ネギは水田の転換作物として導入が進んでいるが、排水性が不良な水田土壌では、収量が不安定となりやすい。地下水制御システム(FOEAS)は、排水および灌水機能を持ち、水田転換畑での野菜の高位安定生産に寄与することが期待される。地下水制御システム FOEAS 圃場と対照圃場(FOEAS 無施工、弾丸暗渠施工)において、土壌環境およびネギの生育経過を調査した。ネギ‘夏扇 4 号’を 2016 年 4 月 20 日に FOEAS 圃場(面積 80a)に、5 月 14 日に対照圃場(面積 50a)に定植した。対照圃場では降雨時に土壌酸素濃度が低下し、特に初期の生育が阻害されたのに対し、FOEAS 圃場では、迅速な排水により湿害を回避することができた。また、FOEAS 圃場では、乾燥時の地下灌漑によって、作土の土壌 pH 値が低下した。ネギの調整重は、FOEAS 圃場で対照圃場の約 1.5 倍と大きかった。試算の結果、業務加工用出荷では、対照圃場ではマイナス収益であるのに対し、FOEAS 圃場では施工費(8 年償却、自己負担分のみ)は 2 年で回収でき、経営改善効果があると示された。したがって、FOEAS による水管理はネギ栽培において土壌環境を改善し、安定生産に資すると考えられた。

P-14

イネにおける根端切除法を用いた側根メリステムサイズ制御に関わる遺伝子の探索

河合翼^{1*}・兒島孝明¹・山内章¹・犬飼義明²

¹名古屋大学大学院生命農学研究科, ²名古屋大学農学国際教育協力研究センター

(*kawai.tsubasa@j.mbox.nagoya-u.ac.jp)

イネ側根には、太く・長く・高次の分枝を形成する能力をもつ L 型側根と、細く・短く・高次の分枝を形成する能力をもたない S 型側根が存在する。土壌水分量が変動する環境下で、土壌の乾燥にตอบสนองして L 型側根を可塑的に形成して根系を広げることが地上部の生育維持に貢献することが知られているが、L 型側根の形成に関わる分子機構は未だ明らかでない。本研究では、主軸根の根端が障害を受け伸長が停止すると、その根端近傍での側根発育が補償的に促進される現象に着目し、イネ種子根の根端を切除することで L 型側根の形成を促進する実験系を確立した。イネ種子根の根端 5 mm を切除したところ、根端切除後に切断部近傍に生じた側根では、1 次側根直径、1 次側根長が増加し、さらに 2 次側根の形成が促進された。また、1 次側根直径が大きい側根ほど、1 次側根長が大きくなり 2 次側根を形成したことから、太い側根に優先的に養分を供給するメカニズムの存在が考えられた。次に、冠根や側根の形成に異常をもつ変異体の根端を切除し、これら変異体の原因遺伝子が L 型側根形成に関わるか否かを検証した。今回、根端切除に対して特徴的にตอบสนองする変異体を発見したので、そこから考えられる冠根、S 型・L 型側根形成プロセスの相違点や、今後の展望や課題について議論したい。

P-15

主根を忌避させ、減少させる不織シート(山内シート)の効果範囲

山内祐二

株式会社アクルス

(y.yamauchi@acrus.co.jp)

この山内シートは大阪府立大学との共同研究で命名されたもので、特許も共同出願を済ませたものです。共同研究の対象は稲の育苗です。育苗箱の下にシートを敷き発根と地上部の生育を観察する実験でしたが明らかにシートが有る方が発根を抑制していました。また地上部の成長には問題はありませんでした。では他の植物ではどうなのか？多種の植物で、それぞれシートが有るもの、無いものを根域を制限した状態で栽培し比較しました。ナスビ、トウモロコシ、アスパラガス、ゴールドクレスト、トマト、サツマイモ、リンゴ、紅竹、バニラ、イタリアカサマツ、明日葉、アボガド、オリーブ、サクラ、タラノ木、ブドウ、コーヒー、里芋、約5~7カ月間栽培しました。シート有の方は全ての植物の主根が抑制されシートに触れる外側には現れていませんでした。無い方は根詰まりを起こすべくルーティングが発生していました。地上部はシートの有、無関係なく成長していました。一部の植物で内部に直根が存在するかを確認しましたができませんでした。このような現象はシートに含浸してある銅成分に起因するものと考えられます。メカニズムを解明するための研究を今後進めていきたいと考えます。実験中に気付いたのですが、全ての主根がシートに触れて忌避するのではなく、主根が検知したことを他の主根に連絡を取るようなコミュニケーションが存在するのではないか！？このことも研究します。

2017年度 根研究学会賞 の決定について

今年度の根研究学会賞については、本誌『根の研究』（第26巻第2号）において候補募集の告示を致しました。推薦があった業績について、専門分野に近い複数の会員に評価を依頼し、その答申に基づいて正副会長で審議の結果、下記の通り、学術奨励賞2件の授賞が決定しました。なお、他の賞には推薦がありませんでした。ここに、会員の皆様にご報告します。

授賞式は、10月28日に開催された第47回根研究集会において開催し、併せて受賞記念講演を行いました。受賞者には、賞状と副賞（根研ロゴ入りパーカー）をお贈りしました。

学術奨励賞の授賞が決定した業績とその概要

*「業績の概要」は、推薦状や審査報告を基に、根研究学会事務局が要約したものです。

業 績：イネの耐湿性に関与する根の酸素通気システムの研究

受賞者：塩野 克宏（福井県立大学 生物資源学部 生物資源学科）

推薦者：中園 幹生（名古屋大学大学院 生命農学研究科）

業績の概要：植物が湛水土壤において順調に生育を続けるためには根への酸素供給が不可欠である。嫌気状態となった根端まで通気組織を介して酸素を効率よく運搬する際に、外部へ酸素の漏れを抑える役割を果たす酸素漏出（ROL）バリアは、イネや耐湿性の高い湿生植物が湛水した土壤に適応するための「鍵」となる重要な形質である。しかし、その形成メカニズムに関わる遺伝子やシグナル伝達物質だけでなく、その形成過程は未解明であった。受賞者は、我が国で初めて根の酸素漏出を定量する特殊な円筒型酸素電極法を確立するとともに、網羅的な発現解析によってROLバリアの形成に関与するスベリン生合成遺伝子群を同定した。また、遺伝子発現解析と植物ホルモン分析を駆使することで、ROLバリア形成に関わるスベリンの蓄積がアブシシン酸（ABA）により誘導されていることを明らかにした。さらにこの研究成果を応用して、畑作物であるオオムギに外生的にABAを与えることでROLバリアを人為的に形成させることに成功した。このように、イネが湛水土壤で旺盛に生育できる機構の一端を解明し、耐湿性の弱い畑作物の改良のためにも有益な知見を得たことは極めて高く評価できる。

業績（関連の論文等）

1. Katsuhiko Shiono, Satoshi Ogawa, So Yamazaki, Hiroko Isoda, Tatsuhito Fujimura, Mikio Nakazono, Timothy D. Colmer (2011) Contrasting dynamics of radial O₂-loss barrier induction and aerenchyma formation in rice roots of two lengths. *Ann. Bot.* 107: 89-99.
2. Katsuhiko Shiono, Sumiyo Yamada. (2014) Waterlogging tolerance and capacity for oxygen transport in *Brachypodium distachyon* (Bd21). *Plant Root* 8: 5-12
3. Katsuhiko Shiono, Takaki Yamauchi, So Yamazaki, Bijayalaxmi Mohanty, Al Imran Malik, Yoshiaki Nagamura, Naoko K. Nishizawa, Nobuhiro Tsutsumi, Timothy D. Colmer, Mikio Nakazono (2014) Microarray analysis of laser-microdissected tissues indicates the biosynthesis of suberin in the outer part of roots during formation of a barrier to radial oxygen loss in rice (*Oryza sativa*). *J. Exp. Bot.* 65: 4795-4806.
4. Katsuhiko Shiono, Miho Ando, Shunsaku Nishiuchi, Hirokazu Takahashi, Kohtaro Watanabe, Motoaki Nakamura, Yuichi Matsuo, Naoko Yasuno, Utako Yamanouchi, Masaru Fujimoto, Hideki Takanashi, Kosala Ranathunge, Rochus B. Franke, Nobukazu Shitan, Naoko K. Nishizawa, Itsuro Takamura, Masahiro Yano, Nobuhiro Tsutsumi, Lukas Schreiber, Kazufumi Yazaki, Mikio Nakazono, Kiyooki Kato (2014) RCN1/OsABCG5, an ATP-binding cassette (ABC) transporter, is required for hypodermal suberization of roots in rice (*Oryza sativa*). *Plant J.* 80: 40-51.

5. Katsuhiko Shiono, Riho Hashizaki, Toyofumi Nakanishi, Tatsuko Sakai, Takushi Yamamoto, Koretsugu Ogata, Ken-ichi Harada, Hajime Ohtani, Hajime Katano, Shu Taira. Multi-imaging of cytokinin and abscisic acid on the roots of rice (*Oryza sativa*) using matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. J. Agric. Food Chem. (In Press)

他に、原著論文9編、総説・著書6編、国内外の学会発表多数.

業績：セル苗の深植え定植によるキャベツ結球部の倒伏抑制と根系発達に注目したそのメカニズムの解明

受賞者：山本 岳彦（農研機構東北農業研究センター）

推薦者：中野 有加（農研機構野菜花き研究部門）

業績の概要：露地野菜の機械収穫は、近年の農業従事者の減少と高齢化が進む状況下で、増加する加工用野菜の需要に対応し、国産露地野菜類の安定供給を行うために不可欠な技術である。キャベツの倒伏は、従来の手収穫・選別収穫では大きな問題ではなかったが、自動収穫機が開発されたことによって生じた、新たな課題（収穫時の姿勢が不安定であることより、引抜き・引き上げ途上での切断時に収穫ロスが生じることと、畦合わせのための作業能率が低下すること）である。受賞者は、キャベツ苗を定植する際に、従来より深植えすることによりキャベツ結球部が倒伏するのを抑制できることを見いだした。これは現地における圃場試験で確認したもので、すでに現地ではこの技術が導入されている。さらにこの作用機作の解明を試み、深植えは深さ5～10 cm、直径2～5 mm の太い根を増やすことを見いだし、キャベツの倒伏がプラグ苗の端を中心とした根の回転によって土壌が動き、深さ7 cm、株の基部から7 cmから10 cmの範囲の土壌が周囲と断裂して起こることを明らかにした。このように、キャベツの倒伏を抑える定植方法を提示しただけでなく、その倒伏メカニズムの解明に至る研究の道筋を示したことは大いに評価でき、今後のさらなる活躍が期待される。

業績（関連の論文等）

1. 山本岳彦・松尾健太郎・山崎篤（2015）キャベツの機械化一貫栽培体系における苗の移植深度が収量、結球部の傾きおよび根系分布へ及ぼす影響。根の研究 24: 3-10.
2. Takehiko Yamamoto, Kentaro Matsuo, Atsushi Yamasaki (2016) Transplant depth of cabbage plug seedlings affects root distribution and anchorage resistance. Sci. Hortic. 213: 144-151.
3. 山本岳彦・松尾健太郎・山崎篤（2014）業務加工用キャベツ栽培の機械化一貫体系における移植深度が収量、結球部の傾きおよび根系分布へ及ぼす影響。根の研究 23: 54.
4. 山本岳彦・松尾健太郎・山崎篤（2015）キャベツセル苗定植深度が結球期の耐倒伏性と根系分布に及ぼす影響。根の研究 24: 93.

根研究学会 「苜住」 国内研修支援の募集

- ・ 会員間の横のつながりを強めることを目的に、ポスドク・学生会員向けに根に関する研究方法習得のためなどの国内研修の旅費として年間4件程度（前後期各1～2件、1件1.5万円を目安とし、1件の上限は3万円、総件数の年間合計上限6万円）を助成します。
- ・ 期間は前期を1月～6月、後期を7月～12月とします。受付は随時行い、各期間で採択数に達した時点で終了とします。
- ・ 審査方法は正副会長と正副事務局長で合議し、評議員にメーリングリストで報告後、決定します。
- ・ 採択された場合には「根研究学会国内研修助成採択」の証明書を授与するとともに、訪問終了後に会誌「根の研究」にレポートとして投稿（写真2枚程度を含む原稿量1ページ）をお願いします。
- ・ 申請書（書式A4一枚）には、以下の書式に従い、1）申請者情報、2）訪問先、3）現在行っている主な研究の概要と訪問による研究進展効果（400字程度）を記載し、指導教官または受入研究者経由で以下の根研究学会事務局までE-mailの添付ファイルとして提出の上、郵送でもお送り下さい。

〒104-0033

東京都中央区新川2-22-4 新共立ビル2F

(株)共立内 根研究学会事務局

E-mail : neken2017@jsrr.jp

根研究学会 「苜住」 国内研修支援申請書

申請題名：

1) 申請者

申請者氏名：

申請者所属：

連絡先（住所 メールアドレス 電話番号）：

生年月日：

会員種別： 正 / 学生

指導教官または受入研究者氏名：

印

所属・職：

2) 訪問先

訪問場所（連絡先 受入研究者名）：

訪問期間：

3) 現在行っている主な研究の概要と訪問による研究進展効果（400字程度）：

お詫びと訂正

26 卷 3 号 (前号) 掲載の「第 46 回根研究集会要旨」p69 と p70 において、レイアウト作業のミスからポスター要旨「P11」と「P13」が掲載されない不備がありました。会員のみならず皆さまにお詫びを申し上げるとともに「P11」と「P13」の要旨を以下に掲載いたします。

P11

水田転換畑での耕起法による土壌物理性および土壌化学性の違いがトウモロコシの根系に及ぼす影響

篠遠善哉^{1,2*}・松波寿典¹・大谷隆二¹・丸山幸夫² (¹農研機構東北農業研究センター・²筑波大学)

(連絡先: shinoto@affrc.go.jp)

水田転換畑においてプラウ耕で耕起した場合、ロータリ耕と比較して土壌環境が異なる。本研究では、水田転換畑での耕起法による土壌物理性および土壌化学性の違いがトウモロコシの根系に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。試験は、2016 年に水田転換畑 (黒ボク土) で、施肥の有無と耕起法 (ロータリ区、プラウ区) を要因とした 3 ブロック制の細分区法で実施した。6 月 2 日にトウモロコシを栽植密度 6.3 本/m² (条間 75 cm) で播種した。施肥は、無施肥区および施肥区を設けた。根系は直径 10 cm の塩ビ管を用いて株を中心に深さ 10 cm から採取した。

地上部乾物重および根重に耕起法による差はみられなかったが、施肥区のプラウ区でやや増加する傾向が認められた。種子根長は、無施肥区のプラウ区で減少傾向を示し、節根長は施肥区のプラウ区で増加傾向を示した。分枝指数について、第 2 葉期の種子根では両施肥区ともにプラウ区で小さく、第 3 葉期～雄穂形成期の節根において無施肥区では同程度であったが、施肥区では増加傾向であった。以上のことから、土壌物理性の違いは種子根の生育に、土壌化学性の違いは節根の生育に影響を及ぼすことが明らかとなった。

P13

イネ根系 Hydraulic conductivity における解剖学的諸形質間の相対的貢献度の定量化の試み

株木拓也*・渡邊友実加・仲田 (狩野) 麻奈・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)

イネ根系の水吸収機構を解明するための重要な視点として、根系が主軸根 (種子根、節根) と異形側根 (S 型側根、L 型側根) によって構成されること、それら個根は発生からの日数 (齢) によって異なる Hydraulic conductivity (L_p) を示しうることがあげられる。先行研究により、S 型側根はリグニン蓄積、スベリンラメラ形成、通気組織形成、表皮から道管までの細胞層において、主軸根よりも高い L_p を示すことが示唆されている。そこで本研究ではまず、植物体の発育に伴う主軸根系の L_p の変化に対する、S 型側根発育の貢献を調べることを試みた。さらに、主軸根系の L_p に対する解剖学的諸形質の相対的貢献度を定量的に評価しようとした。

人工気象器内でイネ品種日本晴を水耕栽培し、播種後 5, 7, 10, 15 および 20 日目の個体の主軸根系を用いた。水吸収の駆動力が主に静水圧差のときの L_p (Hydrostatic L_p) と駆動力が浸透ポテンシャル差であるときの L_p (Osmotic L_p) をそれぞれ調べた。Hydrostatic L_p をルートプレッシャーチャンバーによって測定した出液速度、根系表面積および使用した静水圧から算出した。Osmotic L_p は、出液速度、根系表面積および道管液と水耕液との間の浸透ポテンシャル差から算出した。その結果、Hydrostatic L_p は播種後 15 日目から 20 日目にかけて低下し、Osmotic L_p は播種後 5 日目から 10 日目にかけて増加し、15 日目から 20 日目にかけて低下する傾向を示した。これらの L_p に対し、根系表面積に占める S 型側根表面積の割合が正の相関を、主軸根表面積の割合が負の相関を示した。さらに、リグニン蓄積、スベリンラメラ形成および通気組織形成が根の種類と齢に対して特異的に決まると仮定し、根系表面積に占める各形質を有する根の表面積の割合を算出した。現在、各形質の相対的貢献度を定量化するために、主軸根系の各 L_p を被説明変数に、各形質を有する根の表面積の割合を説明変数にし、重回帰分析を行っている。

根の研究 第 26 卷 (2017 年) 総目次

【巻頭言】

会員の皆様へ	1(1)
会員の皆様へ	23(2)
会員の皆様へ	37(3)
会員の皆様へ	83(4)

【総 説】

イネにおけるアクアポリンの機能と環境応答 石川 (櫻井) 淳子・羽田野麻理・林秀洋・松波麻耶・桑形恒男	39(3)
--	-------

【原著論文】

LED 交互照射条件がトマト苗の品質と定植後の根系発達に及ぼす影響 中野明正・大竹範子・米田正・篠田晶子	3(1)
エリアンサスの根系形成と土壌中への炭素供給量の試算 —改良土壌断面法とイングロースコア法の組合せによる解析— 金井一成・新村悠典・小島淳・岡部貴誠・森田茂紀	25(2)

【技術ノート】

根箱・ピンボード法に用いる根系採取装置の開発と利用法 神山拓也・吉留克彦・荒川祐介	85(4)
--	-------

【報 告】

第 46 回根研究集会に参加して 谷川夏子・矢原ひかり・岡本瑞輝	56(3)
第 46 回根研究集会プログラム	58(3)
第 46 回根研究集会発表要旨	61(3)
第 47 回根研究集会に参加して 馬場隆士	92(4)
第 47 回根研究集会プログラム	94(4)
第 47 回根研究集会発表要旨	98(4)

【情 報】

第 46 回根研究集会のお知らせ	10(1)
カレンダー	14(1)
「根っこのえほん」学校図書館出版賞受賞	34(2)
Peter Barlow 先生の思い出：根冠の形態と機能をめぐって	35(2)

【公 示】

名簿データ登録（更新）のお願い	15(1)
根研究学会会則	17(1)
根研究学会学術賞規定	18(1)
『根の研究』投稿規定	19(1)
『根の研究』原稿作成要領	19(1)
『根の研究』論文審査要領	20(1)
国際誌 Plant Root に掲載の 2016 年の論文	21(1)

【会 告】

2017 年度根研究学会総会報告	73(3)
2018 - 2019 年度 根研究学会会長選挙の結果について	77(3)
第 47 回根研究集会のお知らせ	78(3)
2017 年度根研究学会賞の決定について	113(4)
根研究学会「苺住」国内研修支援の募集	115(4)
お詫びと訂正	116(4)
「根の研究」第 26 巻 総目次	117(4)

Root Research 根の研究

編集委員長	松村 篤	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
副編集委員長	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	中野 明正	農研機構・野菜花き研究部門
編集委員	宇賀 優作	農研機構・次世代作物開発研究センター
	大段 秀記	農研機構・九州沖縄農業研究センター
	亀岡 笑	酪農学園大学循環農学類
	唐澤 敏彦	農研機構・中央農業研究センター
	草場新之助	農研機構・果樹茶業研究部門
	久保 堅司	農研機構・東北農業研究センター
	塩野 克宏	福井県立大学生物資源学部
	田島 亮介	東北大学大学院農学研究科
	辻 博之	農研機構・北海道農業研究センター
	仲田(狩野)麻奈	名古屋大学大学院生命農学研究科
	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
	松波 麻耶	農研機構・東北農業研究センター
	南 基泰	中部大学応用生物学部
	山崎 篤	農研機構・東北農業研究センター
	森 茂太	山形大学農学部

事務局 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F
株式会社共立内 根研究学会事務局
Tel : 03-3551-9891
Fax : 03-3553-2047
e-mail : neken2017@jsrr.jp

根研究学会ホームページ <http://www.jsrr.jp/>

年会費 電子版個人 3,000 円, 冊子版 (+電子版) 個人 4,000 円, 冊子版団体 9,000 円

根の研究 第26巻 第4号 2017年12月15日印刷 2017年12月20日発行
発行人：犬飼義明 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町
名古屋大学農学国際教育協力研究センター
印刷所：株式会社共立 〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

Root Research

Japanese Society for Root Research

Technical Note

Root sampling equipment for a root box-pin board method

Akuya KOYAMA, Katsuhiko YOSHIDOME and Yusuke ARAKAWA 85