

Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.28, No.4
December 2019

Japanese Society for Root Research

目 次

【巻 頭 言】

会員の皆様へ 57

【原著論文】

グライ土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根系および倒伏に及ぼす影響
篠遠善哉・藤竿和彦・大谷隆二・丸山幸夫・松波寿典 59

【情 報】

菜根譚 野菜の根の話 6. おいしい鍋ものに、根こぶ病に強いハクサイ
中野明正 68

【報 告】

第 50 回根研究集会プログラム 69

第 50 回根研究集会発表要旨 76

【会 告】

2019 年度 根研究学会賞の決定について 111

2019 年度 根研究学会総会報告 115

根研究学会学術賞規定の改定 119

「根の研究」第 28 巻 総目次 120

根の研究
根研究学会(JSRR)

会員の皆様へ



告 示

○2019年度根研究学会賞の決定 [概要]

根研究学会会則第3条ならびに根研究学会学術賞規定に基づき、2019年度の研究会賞の推薦を受け付けました。審査の結果、学術功労賞1件、学術奨励賞2件の授賞が決定しました。詳細は、本号に掲載の会告をご覧ください。また、「根の研究」および「Plant Root」に掲載された論文から推薦された4報についても学術論文賞の授賞が決定しました。授賞式と受賞講演は、第50回記念根研究集会で行いました。

○新しい根研究学会学術賞規定について

11月に開催された2019年度総会での承認により、根研究学会学術賞規定が一部変更になりました。本号に掲載しておりますのでご覧ください。

事務局からのお知らせ

1. 第50回記念根研究集会の開催と2019年度根研究学会賞の授賞報告

11月23日～11月24日に名古屋大学東山キャンパス豊田講堂シンポジオンホールで第50回記念根研究集会が開催されました。山内章実行委員長、犬飼義明・平野恭弘・仲田麻奈・井成真由子実行委員、ならびに学生を含む名古屋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。50回記念イベントPart Iでは「これまでの50回を振り返って」と題して、懐かしい写真を用いて根研究学会の歴史、刊行物、ワークショップ、国際学会、苧住渡航基金、最近の動きについて振り返り、Part IIでは「これからの50回を考える」と題して、根に関する各テーマでグループスカッションを行い、若手・ベテランともに活発な意見交換を行いました。また、学術功労賞（森田茂紀氏）と学術奨励賞（福澤加里部氏、遠藤いず貴氏）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。学術論文賞については、4報で中野明正氏ら、田島亮介氏、Yoshiro Mano氏ら、Md. Emdadul Haque氏らが、優秀発表賞については、海野佑介氏、暁麻衣子氏、河合翼氏、清水香那氏の4名が受賞しました。

2. 総会において予算・事業計画が承認されました

11月23日に第50回記念根研究集会内で総会を行い、本年度の予算、事業計画が承認されました。また、根研究学会学術賞規定の一部が改正されました。詳しくは今号に掲載の報告をご覧ください。

3. 2020年の根研究集会

・第51回根研究集会

長野県松本市の信州大学で2020年5月30日（土）～31日（日）に開催する予定で、牧田直樹会員に企画をお願いしています。次号に開催案内を掲載します。

・第52回根研究集会

熊本県熊本市の東海大学で秋に開催する予定です。

4. 電子版会誌のダウンロードについて

2019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>

次ページに続く

5. 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。

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. 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「諸手続一名簿データ更新」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。

9. 会費納入のお願い

2019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（2019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（ゼロイチキョウテン） 「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：neken2019@jsrr.jp 『根の研究』編集委員長：editor2019@jsrr.jp
Plant Root 編集委員長：editor2018@plantroot.org
- Web サイト 根研究学会：<http://www.jsrr.jp/> 『根の研究』オンライン版：<http://root.jsrr.jp/>
Plant Root：<http://www.plantroot.org/>

グライ土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根系および倒伏に及ぼす影響

篠遠善哉^{*1)}・藤竿和彦¹⁾・大谷隆二¹⁾・丸山幸夫²⁾・松波寿典¹⁾

1) 農研機構東北農業研究センター

2) 筑波大学生命環境系

要 旨 : グライ土の水田転換畑におけるトウモロコシの根系および倒伏に対し、プラウ耕とロータリ耕が与える影響を比較検討した。第6葉期までにおいて-3.1 kPa以上の土壤水ポテンシャルの割合はロータリ耕よりプラウ耕で小さい傾向であり、排水性はロータリ耕に比べてプラウ耕で優れる傾向であった。土壌深さ5、10 cmの地温は両耕起法とも同程度で推移した。生育時期別の地上部乾物重および葉面積指数には耕起法による顕著な差はみられず、地上部の生育はロータリ耕とプラウ耕で同程度に推移した。根系について、生育時期別の根長密度および根重密度には耕起法による顕著な差は認められなかったが、乳熟期の土壌深さ0-5 cmの層において、根長および根長割合がロータリ耕よりプラウ耕で大きい傾向であり、根系の平均的な深さを示す根の深さ指数はロータリ耕よりプラウ耕で1.6 cm小さい傾向であった。引倒し力、稈長、着雌穂高、引倒し法評価値に耕起法による顕著な差はみられなかったが、台風18号から変わった温帯低気圧通過後においてプラウ耕の倒伏はロータリ耕より少なかった。以上の結果、グライ土の水田転換畑におけるトウモロコシ栽培において、プラウ耕はロータリ耕と比較して浅根化傾向を促し、倒伏を減少させたと考えられた。水田転換畑におけるプラウ耕は倒伏軽減効果が期待できる。

キーワード : 浅根化, 水田転換畑, 倒伏, トウモロコシ, プラウ耕。

Title: Effects of plowing on root system and root lodging of maize (*Zea mays* L.) in upland fields converted from paddy fields in Gleysol : Yoshiya SHINOTO^{*1)}, Kazuhiko FUJISAO¹⁾, Ryuji OTANI¹⁾, Sachio MARUYAMA²⁾ and Toshinori MATSUNAMI¹⁾ (1)Tohoku Agricultural Research Center, NARO, (2)Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba)

Abstract : We analyzed the effects of plowing on root systems and root lodging of maize (*Zea mays* L.) in comparison with rotary tilling in upland fields converted from paddy fields in Gleysol. The percentage of soil water potential more than -3.1 kPa before the 6th leaf stage tended to be smaller following plowing than rotary tilling; and drainage was improved with plowing. Soil temperature at depths of 5 and 10 cm during the growing season was similar between the tillage treatments. Dry weight and leaf area index did not differ much between tillage treatments. Root length density and root weight density did not differ much between the tillage treatments, but root length and the percentage of root length at a depth of 0-5 cm tended to be higher with plowing than with rotary tilling, and the root depth index, which indicates the mean root depth, tended to be smaller with plowing than with rotary tilling. Although traits of root lodging (culm length, ear height, horizontal pulling resistance (HPR), and HPR-value) did not differ much between the tillage treatments, and root lodging status was lower with plowing than with rotary tilling. These results indicate that the root systems of maize in upland fields converted from paddy fields in Gleysol were shallower with plowing than with rotary tilling, and root lodging was alleviated by plowing. Plowing is expected to reduce lodging effects in maize grown in upland fields converted from paddy fields.

Keywords : Maize, Plowing, Root lodging, Shallower root system, Upland field converted from paddy field.

緒言

米需要の減少により水稲作付面積は減少し続けている(農林水産省, 2018) 一方, 2017年には約1037万tのトウモロコシ子実が飼料用として輸入されている(財務省, 2018)。そのため, 近年, 水田の有効利用お

よび濃厚飼料増産を目的に水田転換畑での子実用トウモロコシ栽培が始まっている。子実用トウモロコシはサイレージ用トウモロコシと異なり, 雌穂が完熟して子実水分が低下した後, 子実のみを収穫して茎葉をすき込む栽培体系である(尾崎, 2015)。水稲やダイズと比較して播種後の栽培管理が少ないため, 生産現場で

は省力栽培が可能な作物として期待されている。水田や水田転換畑の耕起では時速 2-3 km のロータリ耕が慣行として定着しているが、近年、ロータリ耕より高速作業が可能なプラウ耕の導入が進んでおり、作業体系に関する研究が行われている (片山ら, 2018; 松波ら, 2017; 大谷ら, 2013; 進藤ら, 2017; 篠遠ら, 2017; Shinoto et al., 2019)。現在、水田輪作に子実用トウモロコシを導入し、全作物の耕起・整地作業をプラウ耕とパワーハローで行う水田輪作技術開発も行われており (篠遠, 2017)、プラウ耕による子実用トウモロコシ栽培が今後、広がる可能性が考えられる。

これまで、黒ボク土およびグライ土の水田転換畑においてプラウ耕で栽培したトウモロコシの生育および子実収量はロータリ耕と比較して同程度であることが報告されている (篠遠ら, 2017; Shinoto et al., 2019)。一方、トウモロコシの根系について、黒ボク土の水田転換畑においてロータリ耕と比較してプラウ耕では、生理的活性の指標である出液速度に差はみられなかったが、根長密度はやや増大傾向となり、浅根化し、根系の特徴が異なった (篠遠ら, 2017; 篠遠ら, 2018a)。しかし、水田土壌の約 6 割を占める灰色低地土やグライ土 (農林水産省, 2007) において、プラウ耕がトウモロコシの根系に及ぼす影響について明らかにされていない。

コムギでは、深根性の系統と比較して浅根性の系統は水田圃場での収量が高い傾向であり、遺伝的な浅根化により耐湿性のある程度向上させることができると指摘されている (小柳ら, 2004)。栽培ヒエやオオクサキビでは湛水処理すると表層根の量を増大させることが湿害の回避に重要な役割を果たしている (魚住, 2002)。したがって、水田転換畑において作物の根系を明らかにすることは湿害対策を進める上でも重要と考えられる。

そこで、本研究では、グライ土の水田転換畑においてトウモロコシの根系に及ぼすプラウ耕の影響についてロータリ耕と比較検討した。また、試験期間中に台風 18 号から変化した温帯低気圧による倒伏が発生したため、プラウ耕がトウモロコシの倒伏に及ぼす影響についてもロータリ耕と比較検討した。加えて、浅根化と倒伏の関係についても比較検討した。なお、本研究ではプラウ耕にチゼルプラウを用いた。

材料と方法

1. 試験地

試験は、2017 年に岩手県花巻市石鳥谷町新堀の農家圃場の水田転換畑 (東経 141 度 10 分, 北緯 39 度 28 分) で実施した。圃場は、隣接する 2 筆の水田転換畑とし

た。両圃場とも土壌は、細粒質普通停滞水グライ土 (農業環境変動研究センター, 2019) であったが、土壌深さ 20 cm までにグライ層はみられなかった。前作は両圃場とも水稲であった。

2. 栽培方法および耕起方法

試験区は、隣接する 0.6 ha 区画の圃場を 1 筆ずつロータリ区およびプラウ区とした。両耕起区ともに共通の処理として以下の作業を実施した。排水対策として 2016 年 11 月 21 日に深さ約 40-50 cm, 5 m 間隔で心土破碎を実施した。2017 年 4 月 28 日に豚糞堆肥 (N : P₂O₅ : K₂O=3.1 : 5.7 : 1.6 乾物中%) を 2 kg m⁻² 施用した後、消臭のために早急に土壌を混和する必要があったため、トラクタ (88 馬力) にチゼルプラウ (SC8PYL; スガノ農機) を装着して耕深 15 cm で粗耕起した。2017 年 5 月 19 日に基肥としてブロードキャストを用いて化成肥料 (N : P₂O₅ : K₂O = 14 : 14 : 14) を N, P₂O₅, K₂O の成分でそれぞれ 11.2, 11.2, 11.2 g m⁻² 全層施肥した。播種前 7 日に額縁明渠を設け、播種直後にジメテナミド・リニュロン剤、第 6 葉期頃にトプラメゾン剤を散布した。

耕起方法について、ロータリ区ではトラクタ (55-88 馬力) にロータリ (AXS2210H, LXR2408; 松山) を装着して播種前に 2 回 (2017 年 5 月 19 日, 21 日)、播種時 (2017 年 5 月 29 日) に 1 回の合計 3 回、いずれも耕深 12-13 cm で耕耘した。プラウ区では、前述した 2017 年 4 月 28 日にチゼルプラウで粗耕起した後、2017 年 5 月 19 日にトラクタ (88 馬力) にパワーハロー (HRB302D; KUHN) を装着して表層 5 cm を碎土した。

ロータリ区が条間 75 cm, 株間 18 cm, プラウ区が条間 70 cm, 株間 19.5 cm の栽植密度 7.4 本 m⁻² の設定で 2017 年 5 月 29 日にトウモロコシ (*Zea mays* L. cv. 34N84) を播種した。ロータリ区では、トラクタ (88 馬力) に装着したロータリに傾斜回転皿式播種機 (TDR; アグリテクノ矢崎) を取り付けて播種した。プラウ区では、トラクタ (88 馬力) に真空播種機 (NG plus 4; MONOSEM) を装着して播種した。

3. 降水量, 土壌水ポテンシャルおよび地温

降水量データは、試験圃場から直線距離で 8 km 離れた紫波のアメダスで測定した観測値を用いた。

土壌水ポテンシャルは、各区 2 カ所ずつ播種後 6 日から播種後 33 日 (第 6 葉期) までテンシオメータ (HD-001; センシズ) を土壌深さ 10 cm に設置して 30 分間隔で測定し、データロガー (LM-1; センシズ) に記録した。作物一般に湿害の影響を及ぼす土壌水ポテンシャルは - 3.1 kPa 以上とされている (大久保, 1980; 岩崎・三宅, 1983) ため、- 3.1 kPa 以上の期間につい

て比較した。

土壌深さ 5, 10 cm の地温は各区 2 カ所ずつ温度データロガー (TR-71Ui, TR-71wf; T&D) にステンレス保護管センサ (TR-0406; T&D) を装着して、播種後 1-102 日に 30 分間隔で測定し、日平均温度、日最高温度、日最低温度を算出し、6 日毎の平均値で示した。

4. 地上部および根系調査

生育調査は、第 6 葉期 (播種後 34 日)、雄穂形成期 (播種後 45 日)、絹糸抽出期 (播種後 60 日)、乳熟期 (播種後 76 日) に行った。各区 3 カ所から連続する 5 株を地際より採取し、地上部と地下部を調査した。地上部は、葉身、葉鞘および稈、雌穂 (絹糸抽出期および乳熟期に採取) に分解し、80℃で 2 日間乾燥後に各器官別の乾物重を秤量した。さらに、採取した個体のうち各カ所 1 株の葉面積を葉面積計 (LI-3100C; LICOR) で測定し、比葉面積を算出し、残りの株の葉面積を求めた。地下部は、地上部採取株を中心に条方向に長さ 18 cm (ロータリ区) もしくは 19.5 cm (ブラウ区)、条と直交方向に幅 40 cm、深さ 15 cm を角柱状に採取、根が切断されないように注意しながら土壌を洗い流した後、根を茎から切り離した。各カ所 5 株のうち中心の 1 株を根長の分析に供試した。残りの 4 株の根は 80℃で 2 日間乾燥後に乾物重を測定した。保存した根はフィルムスキャナー (Epson expression V700 Photo, GT-X980; Epson) を用いて、読み込みの設定を 8 ビットグレースケール、画像のドット密度を 800 dpi とし、TIFF 画像で保存した。画像は、根解析ソフト (WinRhizo; Regent Instruments) を用いて解析し、根長を計測した後、単位根乾物重当たりの根長で表される比根長を算出して残りの株の根長を求めた。

乳熟期 (播種後 80 日) に各区 3 カ所から 1 株ずつ土壌深さ別の根長を調査した。村上・井沢 (2008) の方法に従って、条方向に長さ 5 cm、条と直交して幅 40 cm、深さ 15 cm の土壌を土壌モノリスにより掘り出した。掘り出した土壌は包丁を用いて深さ 0-5 cm、5-10 cm、10-15 cm に切り出してチャック付きビニール袋に入れて 5℃で保存した。保存した土壌は、煮沸法 (Murakami et al., 1999; 村上ら, 2000) により土壌や圃場残渣などのゴミと根を分別した後、根を回収して -25℃以下で保存した。保存した根は、前述した地下部の採取と同様に根長を測定した。

根長割合 (%) = (任意の層の深さの根長) / (深さ 0-15 cm の層の根長) × 100 (式 1)

根長密度を用いて、根の深さ指数 (RDI) は次式より算出した (Oyanagi et al., 1993)。

$$RDI = \sum_{i=0}^n \frac{DiRi}{100} \text{ (式 2)}$$

この時、 Di は i 番目の層の深さの中央値 (cm)、 Ri は i 番目の層における根長密度の割合 (%) を示す。

5. 倒伏関連形質調査

倒伏関連形質として稈長と最上位着雌穂節位高と引倒し力を調査し、引倒し法評価値を算出した。倒伏関連形質は各区 3 カ所で連続する 10 個体を調査した。ただし、虫害により稈が折れていた場合には稈長を正確に測定できないため除いた。播種後 91 日に稈長および最上位着雌穂節位高を測定し、播種後 94 日に引倒し力を調査した。引倒し力は、濃沼ら (1998) の方法に従って、稈を地表面に対して垂直方向から 30° 倒すのに要する最大荷重 (N) とした。調査時の表層 5 cm の含水比はロータリ区、ブラウ区それぞれ 41, 45%であった。引き倒し法評価値は濃沼ら (1998) に従って根の支持力と地上部モーメントを総合した倒伏性の指数として、次式により算出した。

$$\text{引倒し法評価値} = \frac{\sqrt{HK}}{N} \text{ (式 3)}$$

この時、 H は稈長 (cm)、 K は最上位着雌穂節位高 (cm)、 N は引倒し抵抗 (N) を示す。

なお、式 3 における分子の数式の値は地上部モーメントとの間には高い正の相関関係があり (濃沼ら, 1998)、引倒し法評価値が小さいほど倒伏しにくいことを意味する。

2017年9月17日から18日 (播種後111日から112日) にかけて台風 18 号から変化した温帯低気圧が通過して、倒伏および折損が発生した。そのため、引倒し力と倒伏および折損の関係を検討することを目的として、引倒し力を測定した 10 個体の倒伏および折損を成熟期 (播種後 126 日) に調査した。引倒し力を調査した個体について調査法として、倒伏は主稈の地際から最上位雌穂着生節方向の直線の角度が垂直方向から 30° 以上傾いた個体、折損は主稈の最上位雌穂着生節の直上節間以下の部位の折損個体とし、虫害によらないものとした (吉村, 2004)。倒伏と折損が同じ個体にみられる場合は折損個体とした。ただし、引倒し力調査時の損傷が原因で倒伏、折損した個体については調査から除いた。

圃場の生育状況および台風 18 号から変化した温帯低気圧による被害状況を把握するために播種後 97, 133 日にドローン (Phantom3 Standard; DJI) を用いて上空からデジタルカメラ (FC300X; DJI) により複数

枚の圃場の写真を撮影した。写真周辺部における被写体の位置のずれを補正するため、取得した画像から画像解析ソフト (Methashape ; Agisoft) を用いて正射変換し、オルソ画像を作成した。

結果

1. 土壌水ポテンシャルおよび地温

第6葉期までの調査期間に占める -3.1 kPa 以上の土壌水ポテンシャルの割合はロータリ区、プラウ区それぞれ 11.1%, 7.9% であり、ロータリ区よりプラウ区で小さい傾向であった。

第6葉期までの降水量および土壌水ポテンシャルの推移を第1図に示した。土壌水ポテンシャルは、 -3.1 kPa から -60 kPa の間においてロータリ区よりプラウ区で早く低下する傾向であった。

生育期間中の地温の推移を第2図に示した。土壌深さ 5, 10 cm の地温は、日平均温度には耕起法の差はみられなかったが、播種後 50 日頃までの日最低温度は土壌深さ 5, 10 cm とともにロータリ区よりプラウ区でやや高い傾向であった。

2. 地上部乾物重および葉面積指数

地上部乾物重および葉面積指数の推移を第3図に示した。地上部乾物重および葉面積指数ともに耕起法による顕著な差はみられなかった。

3. 根長密度、根重密度の推移および根関連形質

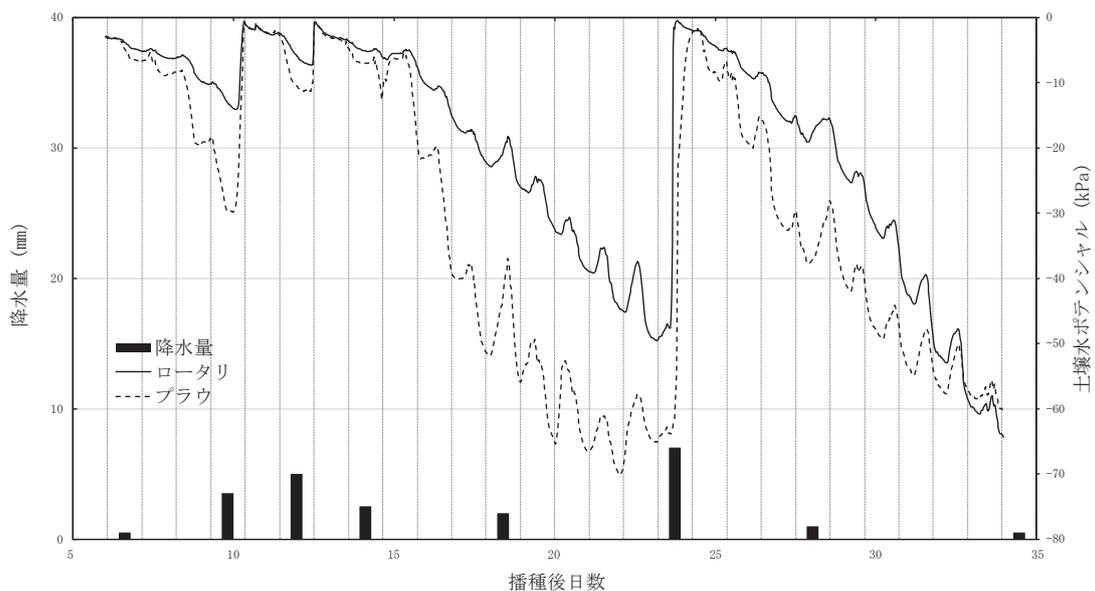
根長密度および根重密度の推移を第4図に示した。根長密度は第6葉期 (播種後 34 日) および乳熟期 (播

種後 76 日) ではロータリ区よりプラウ区で小さい傾向であり、絹糸抽出期 (播種後 60 日) ではロータリ区よりプラウ区で大きい傾向であった。根重密度は第6葉期から絹糸抽出期までロータリ区とプラウ区で同程度に推移し、乳熟期ではロータリ区よりプラウ区でやや小さい傾向であった。

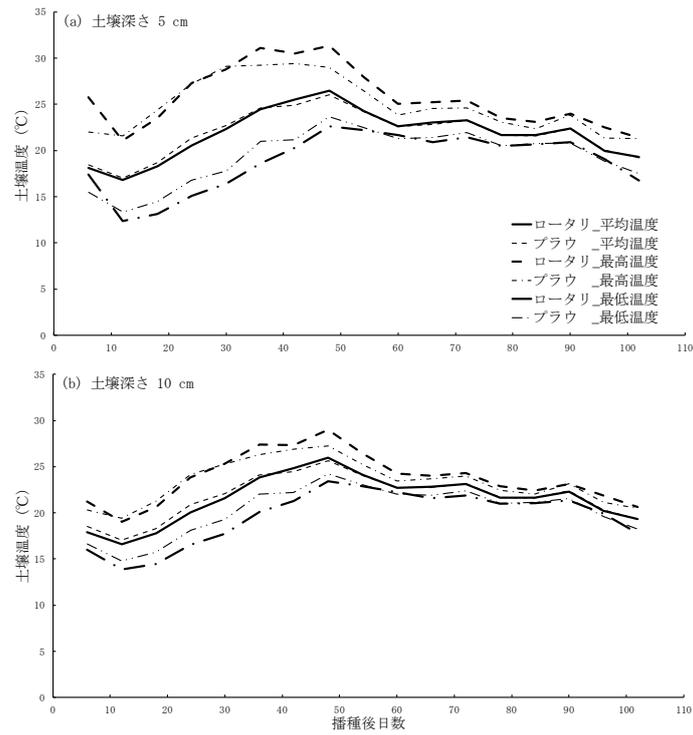
乳熟期 (播種後 80 日) におけるトウモロコシの根関連形質を第1表に示した。土壌深さ 0-15 cm において、根重はロータリ区よりプラウ区で大きく、根長はロータリ区よりプラウ区で短い傾向であった。根重と根長の土壌内分布は耕起法によって違いが認められた。根重は 0-5 cm ではプラウ区でやや大きい傾向であったが、土壌深さ 5 cm 以上ではロータリ区よりプラウ区で小さい傾向であった。根長は土壌深さ 0-5 cm ではプラウ区で長い傾向であったが、土壌深さ 5 cm 以上ではロータリ区で長い傾向であった。根長割合について、土壌深さ 0-5 cm ではロータリ区よりプラウ区で大きい傾向であったが、土壌深さ 5 cm 以上ではロータリ区よりプラウ区で小さい傾向であった。根の深さ指数はプラウ区で 1.6 cm 小さい傾向であった。

4. 倒伏関連形質および台風 18 号から変化した温帯低気圧による倒伏程度

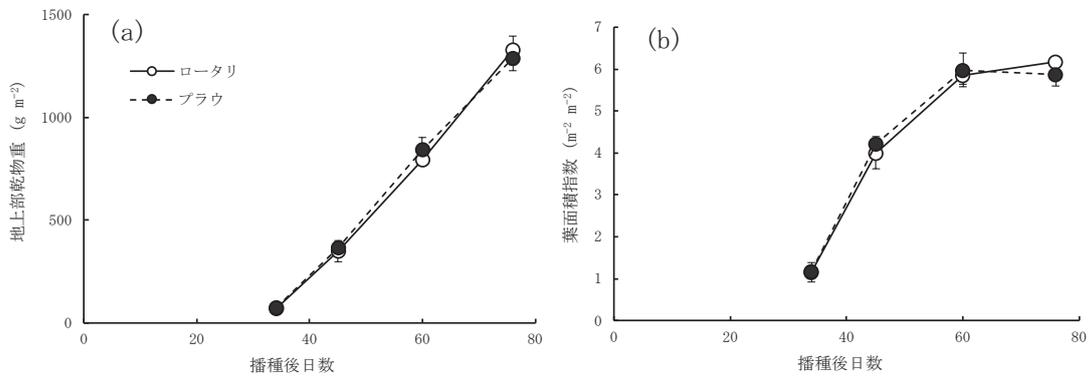
倒伏関連形質を第2表に示した。引倒し力、稈長、着雌穂高、引倒し法評価値に耕起法による顕著な差はみられなかった。しかし、播種後 111 日から 112 日にかけて台風 18 号から変化した温帯低気圧が通過した後の倒伏程度は耕起法により異なり、ロータリ区よりプラウ区で倒伏が少ない傾向であった。なお、試験圃



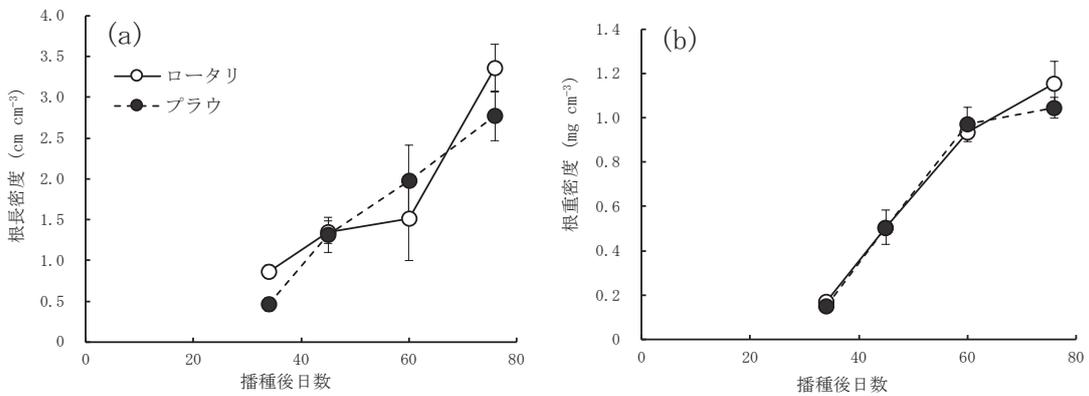
第1図 第6葉期までの土壌水ポテンシャルの推移。



第2図 土壌深さ 5 cm (a) および 10 cm (b) における土壌温度の推移。



第3図 地上部乾物重 (a) および葉面積指数 (b) の推移。
図中の縦棒は標準誤差を表す (n=3)。



第4図 根長密度 (a) および根重密度 (b) の推移。
図中の縦棒は標準誤差を表す (n=3)。

場から直線距離で 8 km 離れた紫波のアメダスにおける温帯低気圧通過時の降水量および最大瞬間風速はそれぞれ 28 mm, 24.2 m s⁻¹ であった。温帯低気圧通過前後の圃場全体の様子を第 5 図に示した。ロータリ区よりプラウ区で倒伏個体が顕著に少なかった。

考察

本試験で供試した圃場は隣接する 2 筆の水田転換畑で実施した。前歴は両圃場とも水稻であり、作付け前の土壌化学性について耕起法による顕著な差がみられないことが報告されている (Shinoto et al., 2019)。したがって、前作および土壌化学性の条件については同様な圃場で、ロータリ区とプラウ区の試験を実施した。

作物の根群分布は、pF1.5 以下の粗孔隙量と密接な関係があり、pF1.5 以下の時の粗孔隙に水が充満することで湿害が発生する (大久保, 1980)。岩崎・三宅 (1983) は、転換畑における排水目標を降雨後 1-2 日に pF1.5 以上としている。したがって、水田転換畑で畑作物の湿害を回避するためには pF1.5 以下 (- 3.1 kPa 以上) の水分を速やかに排水する必要がある。トウモロコシでは第 7 葉期頃までの湿害が最も収量に影響を及ぼすことが報告されている (Ren et al., 2014; Zaidi et al., 2004)。第 6 葉期までの調査期間に占める - 3.1 kPa 以上の土壌水ポテンシャルの割合はロータリ区よりプラウ区で小さい傾向であった。さらに、土壌水ポテン

シャルが - 3.1 kPa から - 60 kPa の間では、ロータリ区よりプラウ区で早く低下する傾向であった (第 1 図)。したがって、排水性はロータリ耕に比べてプラウ耕で優れる傾向であった。しかし、地上部乾物重および葉面積指数に耕起法による顕著な差はみられず (第 3 図)、本試験における排水性の違いが地上部の生育に及ぼす影響は小さいと推察された。

チゼルプラウは作土をけん引づめで破碎し膨軟にするのが主な役割 (農業機械学会, 1996) であるため、ロータリより作物残渣のすき込みが劣り、地温が低下する可能性が考えられた。しかし、土壌深さ 5 cm および 10 cm の地温はロータリ区と比較してプラウ区において日最低温度はやや高く推移し、日平均温度は同程度で推移した (第 2 図)。したがって、水田転換畑でプラウ耕を用いても地温はロータリ耕と同程度で推移することが示された。

根長密度および根重密度は耕起法による顕著な差がみられなかったが (第 4 図)、乳熟期においてプラウ区では浅根化の傾向がみられた (第 1 表)。これまでの研究で、黒ボク土の水田転換畑でロータリ耕よりプラウ耕で浅根化したことが報告されており (篠遠ら, 2018a)、プラウ耕は浅根化を促す傾向があると考えられた。本試験と同一圃場の土壌貫入抵抗値は土壌深さ 5 cm 以下で急激に増加しており (Shinoto et al., 2019)、プラウ区では 5 cm 以下の土壌が硬いために根が表層

第 1 表 乳熟期におけるトウモロコシの根関連形質。

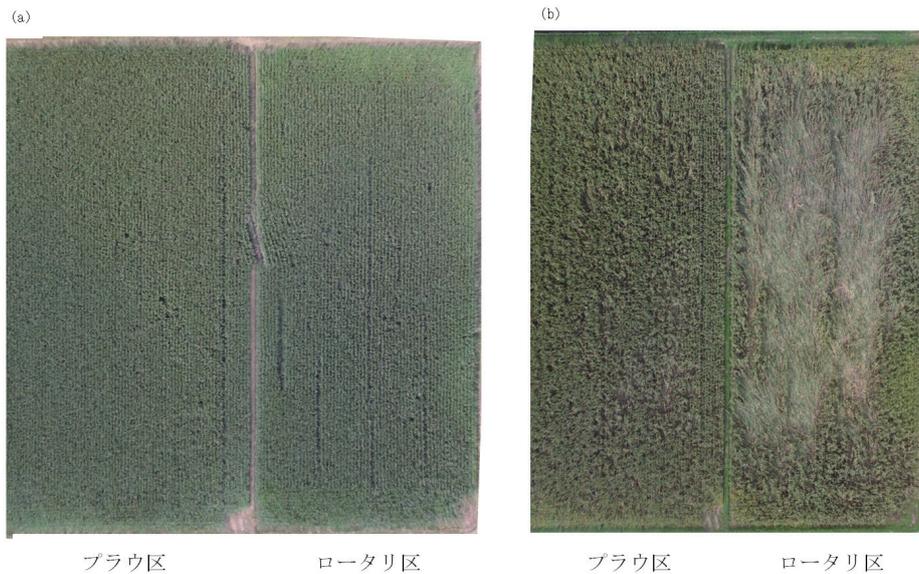
土壌深さ (cm)	耕起	根重 (g 株 ⁻¹)	根長 (m 株 ⁻¹)	根長割合 (%)	根の深さ指数 (cm)
0-15	ロータリ	5.07 ± 0.22	145 ± 3	-	6.9 ± 0.2
	プラウ	5.67 ± 0.29	129 ± 4	-	5.3 ± 0.3
0-5	ロータリ	4.10 ± 0.21	50 ± 2	34.8	-
	プラウ	4.93 ± 0.31	73 ± 9	56.3	-
5-10	ロータリ	0.67 ± 0.08	62 ± 1	43.2	-
	プラウ	0.53 ± 0.05	42 ± 9	32.3	-
10-15	ロータリ	0.30 ± 0.04	32 ± 5	22.0	-
	プラウ	0.21 ± 0.02	15 ± 2	11.4	-

根重、根長、根の深さ指数の値は 3 カ所の平均値 ± 標準誤差を示す。

第 2 表 倒伏関連形質。

耕起	乳熟期				成熟期	
	引倒し力 (N)	稈長 (cm)	着雌穂高 (cm)	引倒し法 評価値	倒伏 (10 個体 ⁻¹)	折損 (10 個体 ⁻¹)
ロータリ	22.1 ± 0.2	293 ± 5	149 ± 2	10.0 ± 0.2	10.0 ± 0.3	0.0 ± 0.0
プラウ	23.1 ± 1.1	299 ± 5	147 ± 4	9.5 ± 0.3	4.7 ± 0.3	1.3 ± 0.7

引倒し力、稈長、着雌穂高、引倒し法評価値、倒伏、折損の値は 3 カ所の平均値 ± 標準誤差を示す。



第5図 台風18号から変化した温帯低気圧による倒伏前(a)および温帯低気圧通過後(b)の圃場の様子。
a: 黄熟期(播種後97日), b: 成熟期(播種後133日)。



第6図 台風18号から変化した温帯低気圧通過後のロータリ区(a)およびプラウ区(b)の株元。
a: 成熟期(播種後118日), b: 成熟期(播種後115日)。

に集中したと推察された。

小柳ら(1998)は、耕起区と比較して不耕起区では水稲とダイズの根が浅い層に多くなるため、肥料効率が高くなると指摘している。プラウ耕では表層0-5 cmに肥料成分が多く集中するため(篠遠ら, 2018b)、プラウ耕による浅根化により肥料効率が向上すれば、肥料費を削減することができ、低コスト生産につながると考えられる。また、小柳ら(2004)は、過湿水田において、浅根化したコムギの耐湿性がある程度向上することを報告しており、トウモロコシにおいても耐湿性の品種開発では地表に不定根が多く発生する選抜が進められている(間野ら, 2005)。湿害に弱いトウモロコシを水田転換畑で栽培する場合、プラウ耕による浅根化は湿害の軽減に寄与すると考えられた。浅根化に加えて、根長密度の増加は養分や水の吸収を高めるため、多収化において重要と考えられる。

本研究では、乳熟期における土壌深さ0-15 cmの根長密度はプラウ区よりロータリ区で大きい傾向が示され(第4図)、プラウ耕のロータリ耕に対する優位性は認められなかった。しかし、黒ボク土の水田転換畑における試験では、雄穂形成期から乳熟期における根長密度はロータリ耕よりプラウ耕でやや高かったことが報告されている(篠遠ら, 2017)。土壌の種類により耕起法が土壌硬化に及ぼす影響が異なるためと推察された。

台風18号から変化した温帯低気圧による倒伏程度はロータリ区よりプラウ区で少ない傾向であった(第5図)。温帯低気圧通過後における両耕起の株元を見ると、ロータリ区では根が株を支えられず倒伏していたが、プラウ区では根が株を支えていた(第6図)。耕起法によるトウモロコシの生育の違いは地上部ではみられず、根の生育でみられたことから、倒伏程度の違

いは地上部より根系の影響によるものと考えられた。ロータリ区と比較してプラウ区では土壤硬度が急激に増加する土壤深さ 5 cm (Shinoto et al., 2019) を含む土壤深さ 0-10 cm に 88.6% の根長が集中していた (第 1 表)。不耕起で栽培したトウモロコシの根系は表層に集中し、表層硬度が大きくなった土壤に根が張ることで個体支持力が向上したことが示唆されている (原田ら, 2009)。湛水直播水稲では、根系の深さによらず、土壤密度の高い層へ根を多く分布させることで耐倒伏性が向上することが指摘されている (名越ら, 2001; 寺島ら, 1994, 1995)。キャベツにおいても同様に土壤が締まっている層に太い根を発達させることで倒伏抵抗性を高めると推察されている (山本ら, 2015)。したがって、水田転換畑におけるプラウ耕は、土壤硬度が急激に増加する土壤深さ 0-10 cm に根を多く伸長させることによって、耐倒伏性をロータリ耕より向上させたかと推察された。

しかし、引倒し力、稈長、着雌穂高、引倒し法評価値には耕起法による顕著な差がみられなかった (第 2 表)。引倒し法評価値と倒伏個体率には正の相関があることが報告されているが (濃沼, 1999)、本試験で両者の関係は明瞭でなかった。既報の試験 (濃沼, 1999) は黒ボク土で実施されたものである。一方、本試験はグライ土の水田転換畑で実施した。したがって、土壤の違いにより引倒し法評価値と倒伏個体率の関係が異なる可能性が考えられ、今後、土壤の違いが倒伏関連形質に及ぼす影響について明らかにする必要がある。

これまで、耕起法の違いがトウモロコシの倒伏程度に及ぼす影響について圃場全体で比較した報告は国内ではほとんどなかったが、本試験ではプラウ耕による倒伏軽減効果を実証規模の圃場で示すことができた。近年、北海道では台風によるトウモロコシ被害が報告されており (植村ら, 2017)、耐倒伏性に優れる栽培法が求められている。台風で倒伏したサイレージ用トウモロコシをフォレージハーベスターで収穫した場合、収穫ロスが 24% に及び、品質が低下する (名久井ら, 1983)。子実用トウモロコシの営農現場では、倒伏により収穫ロスが発生するだけでなく、穂発芽等による子実品質の低下が発生すると推察される。さらに、作業時間の増加により、適期作業に重大な支障をもたらすと考えられる。そのため、汎用コンバインによる機械化収穫が行われる子実用トウモロコシでは倒伏させずに栽培することは極めて重要であり、水田転換畑におけるプラウ耕は倒伏軽減に寄与する耕起法と推察された。

以上のことから、グライ土の水田転換畑においてプラウ耕で栽培したトウモロコシの根系はロータリ耕と比較して浅根化傾向であり、倒伏は減少傾向となるこ

とが明らかとなった。したがって、水田転換畑におけるプラウ耕は水田土壤においてロータリ耕より倒伏軽減効果が期待できる。

謝辞

有限会社アグリスト代表取締役の高橋章郎氏、同農場長の伊藤篤士氏には試験圃場を提供して頂くとともに圃場管理に際して多大なご協力を頂きました。また、東北農業研究センター業務第 1 科の三浦幸浩氏、高橋博貴氏、小笠原篤氏には根の調査および圃場管理にご協力頂きました。中央農業研究センター北陸研究拠点の関矢博幸氏にはドローンの撮影にご協力頂きました。東北農業研究センターの羽田野麻里博士には根分析機器をご提供頂き、榎久美氏および田中智子氏には根の調査にご協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 原田直人, 小林洋美, 宮園勉, 竹之内豊, 桑水郁朗 2009. 二期作トウモロコシ不耕起栽培における品種・播種作業性・年3作体系の検討並びに栽植密度が生産性、耐倒伏性に及ぼす影響. 鹿児島農総七研報 (畜産) 3: 19-26.
- 岩崎秀穂, 三宅信 1983. 転換畑における土壤型別の排水施工法について. 栃木農試研報 29: 33-48.
- 片山勝之, 山崎洋平, 山崎諒, 亀井雅浩 2018. 山間地域水田転換畑のチゼルプラウ耕は排水性改善によりダイズの生育・収量を向上させた. 日作紀 87: 312-318.
- 濃沼圭一, 池谷文夫, 伊東栄作 1998. 引倒し力によるトウモロコシの転び型倒伏抵抗性の非破壊・計量的検定法. 日草誌 43: 424-429.
- 濃沼圭一 1999. 草型・品種等における倒伏防止研究の現状. 日草九支報 29: 7-14.
- 間野吉郎, 村木正則, 藤森雅博, 高溝正 2005. トウモロコシとテオシント幼植物において湛水条件下で地表に生じる不定根量の系統変異と遺伝解析. 日作紀 74: 41-46.
- 松波寿典, 齋藤秀文, 大谷隆二, 関矢博幸, 篠遠善哉, 冠秀昭, 中山壮一, 西田瑞彦, 高橋智紀, 浪川茉莉, 林和信, 長坂善禎, 片山勝之 2017. 宮城県の津波被災後の大区画整備圃場におけるチゼルプラウ耕グランドリル播種体系によるダイズの晩播狭畦密植栽培. 日作紀 86: 192-200.
- 村上敏文, 井沢憲行 2008. チェーンブロックを使った根系調査のための効率的な土壤モノリス採取法. 根の研究 17: 127-130.
- Murakami, T., Yamada, K., Yoshida, S. 1999. Improved method for easy and rapid determination of root length of vegetables. Soil Sci. Plant Nutr. 45: 471-478.
- 村上敏文, 山田和義, 吉田清志 2000. 簡便迅速なレタス・ハクサイの根・土分離法および根長測定法. 長野中信農試報 15: 95-105.
- 名越時秀, 中村吉範, 田邊猛 2001. 耕耘深度の相違が湛水直播水稲の根量と耐倒伏性との関係に及ぼす影響. 東農大農学集報 46: 13-17.

- 名久井忠, 箭原信男, 高井慎二 1983. 倒伏がトウモロコシサイレー
ジの品質・利用性に及ぼす影響. 東北農業研究 33: 171-172.
- 農業環境変動研究センター 2019. [https://soil-inventory.dc.affrc.
go.jp/](https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/) (2019/09/30閲覧).
- 農業機械学会 1996. 生物生産機械ハンドブック. コロナ社, 東京.
pp. 410.
- 農林水産省 2007. 農地土壌の現状と課題. [http://www.maff.go.jp/j/
study/kankyo_hozen/01/pdf/data03.pdf](http://www.maff.go.jp/j/
study/kankyo_hozen/01/pdf/data03.pdf) (2019/09/30閲覧).
- 農林水産省 2018. 平成29年耕地及び作付面積統計. [https://www.
e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00
500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20170&month=0
&tclass1=000001032270&tclass2=000001032271&tclass3
=000001112375](https://www.
e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00
500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20170&month=0
&tclass1=000001032270&tclass2=000001032271&tclass3
=000001112375) (2019/09/30閲覧).
- 大久保隆弘 1980. 農地の汎用化と土・作物・排水. 農土誌 48: 647-
653.
- 大谷隆二, 関矢博幸, 冠秀昭, 中山壮一, 齋藤秀文 2013. 大区画圃
場におけるプラウ耕乾田直播を核とした2年3作水田輪作体系.
農機誌 75: 220-224.
- Oyanagi, A., Nakamoto, T., Wada, M. 1993. Relationship between
root growth angle of seedlings and vertical distribution of roots in
the field in wheat cultivars. Jpn J. Crop Sci 62: 565-570.
- 小柳敦史, 南石晃明, 土田志郎, 長野間宏 1998. 汎用水田において
耕起および不耕起栽培したコムギ, ダイズおよび水稲の根の垂
直分布の解析. 日作紀 67: 49-55.
- 小柳敦史, 乙部 (桐測) 千雅子, 柳澤貴司, 三浦重典, 小林浩幸, 村
中聡 2004. 根系の深さが異なるコムギ実験系統群の過湿な水田
圃場における生育と収量. 日作紀 73: 300-308.
- 尾崎政春 2015. 道央における子実トウモロコシ利用の取り組み.
北畜草会報 3: 73-77.
- Ren, B., Zhang, J., Li, X., Fan, X., Dong, S., Lie, P., Zhao, B. 2014.
Effects of waterlogging on the yield and growth of summer maize
under field conditions. Can. J. Plant Sci. 94: 23-31.
- 進藤勇人, 齋藤雅憲, 佐々木景司, 佐藤雄幸, 片平光彦 2017. スタブ
ルカルチと縦軸駆動ハローを用いた播種床造成による水稲無代
かき湛水直播栽培の特徴と水稲生育. 農作業研究 52: 121-131.
- 篠遠善哉 2017. 乾田直播栽培 (イネ) とトウモロコシ栽培・子実
生産. 平成29年度自給飼料研究会. 畜産研究部門, 栃木. pp. 67-
73.
- 篠遠善哉, 丸山幸夫, 松波寿典, 大谷隆二 2018a. 黒ボク土の水田転
換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根の出液速度および根
系分布に及ぼす影響. 根の研究 27: 10-16.
- 篠遠善哉, 松波寿典, 大谷隆二, 冠秀昭, 丸山幸夫 2017. 黒ボク土
の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの生育および子
実収量に及ぼす影響. 日作紀 86: 151-159.
- 篠遠善哉, 松波寿典, 大谷隆二, 冠秀昭, 丸山幸夫 2018b. 黒ボク土
の水田転換畑におけるチゼルプラウ耕が土壌環境およびトウモ
ロコシの窒素吸収に及ぼす影響. 日作紀 87: 125-131
- Shinoto, Y., Matsunami, T., Otani, R., Maruyama, S. 2019. Growth
and yield of maize using two tillage systems in crop rotation of
paddy fields. Plant Prod. Sci. 22: 58-67.
- 寺島一男, 秋田重誠, 酒井長雄 1995. 直播水稲の耐倒伏性に関与
する生理生態的形質 第3報 根の土壌中分布特性と耐ころび型
倒伏性との関係. 日作紀 64: 243-250.
- 寺島一男, 尾形武文, 秋田重誠 1994. 直播水稲の耐倒伏性に関与
する生理生態的形質 第2報 耐ころび型倒伏性品種の根の生育
特性. 日作紀 63: 34-41.
- 植村哲史, 沖田和樹, 山崎一晴, 丹羽おり恵, 金子朋美, 佐藤康司,
五十嵐将寿, 川村芳輝, 工藤智弘, 佐藤公之, 山上朝香 2017. 倒
伏に強いとうもろこしづくり～栽植本数を見直しませんか～.
北農 84: 424-428.
- 魚住順 2002. 飼料作物の耐湿性の草種・品種間差. 畜産草地研究
所編 技術指針 水田ほ場を活用した自給飼料増産. 畜産草地研
究所, 茨城. pp. 28-34.
- 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.
- 吉村義則 2004. トウモロコシ. 日本草地学会編 草地科学実験・調
査法. 畜産技術協会, 東京. pp. 112-115.
- Zaidi, P.H., Rafique, S., Rai, P.K., Singh, N.N., Srinivasan, G. 2004.
Tolerance to excess moisture in maize (*Zea mays* L.): susceptible
crop stages and identification of tolerant genotypes. Field Crops
Res. 90: 189-202.
- 財務省 2018. 農林水産物輸出入統計. [https://www.e-stat.go.jp/stat-
search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500100&tstat=
000001018079&cycle=7&year=20170&month=0&tclass1
=000001018080](https://www.e-stat.go.jp/stat-
search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500100&tstat=
000001018079&cycle=7&year=20170&month=0&tclass1
=000001018080) (2019/09/30閲覧).

菜根譚 野菜の根の話 (連載)

中野明正

農林水産省 農林水産技術会議事務局

6. おいしい鍋ものに、 根こぶ病に強いハクサイ

寒くなるとハクサイの需要が増える。鍋物には欠かせないハクサイであるが、最近ではサラダにもよく用いられる。冬は茨城県、夏秋は長野県が主産地となる。もともと明治時代に中国から導入され全国に広がった。通常ハクサイは3~4kgになるが、最近では少人数の家庭向けに半分や1/4にカットしたものが良く見られる。もともと小さい1kg程度のミニハクサイもある。昭和40年には152万トンの生産があったが平成29年で88万トンまで落ち込んでいる。かつては、煮物、漬物などの消費も多かったが、特に家庭での漬物消費の減少が消費の落ち込みの原因のようである。消費の減少はいかんともしがたいが、生産現場では安定した生産が求められる。



ハクサイ産地では、土壌伝染性の病害で、根にこぶがたくさんでき、収量を低下させる根こぶ病が大きな問題となっている。根こぶ病は土壌微生物 (*Plasmodiophora brassica*) によって引き起こされる難防除土壌病害の一つである。発病すると根が異常に肥大し養水分の吸収が妨げられるため、生育が著しく遅延し、ひどい場合には枯死する。この菌の休眠胞子は数カ年にわたり土壌中に残存するため、一旦発生すると化学合成農薬による防除や土壌改良が必要となる。厄介な病気である。

一方で、2011年にはハクサイの全ゲノムが解析され約4万の遺伝子が同定された。これらの基盤的成果とも相まって、複数の根こぶ病抵抗性遺伝子を集積し、DNAマーカー選抜により「あきめき」が育成された(農林水産省品種登録 第22615号、日本農林社より販売)。根こぶ病の病原菌にも系統があるが、「あきめき」は4種類の根こぶ病菌系の全てに抵抗性を示す初めてのハクサイ品種であり、根こぶ病に強い抵抗性を示す。防除コスト削減や薬剤処理に要する労力の軽減が期待されている。

根の様子は、通常見えないのでなかなかわからないが、生育が悪い株を抜いてみると絵のようにこぶでポコポコしていることが良くある。根こぶ病である。必要な時に国産の生産量が不足すると、海外産品に置き換えられてしまう。徐々に自給力を下げてしまう原因になる。日本の農地をしっかりと生産に活用し、持続的に守っていくためにも、野菜の安定生産は極めて重要である。そのためにも縁の下の力持ちである根がしっかりとしている必要がある。これからの寒い季節、おいしい鍋を心おきなく楽しみたい。

第 50 回記念根研究集会

<日時> 2019 年 11 月 23 日 (土・祝)・24 日 (日)
 <場所> 名古屋大学東山キャンパス, 豊田講堂シンポジオンホール
 〒464-8601 名古屋市千種区不老町

<11 月 23 日 (土・祝)>

12:00~13:00 受付

*ポスターは 12:00 より掲示が可能です。11 月 24 日 9:00 までに掲示してください。

13:00~14:00 総会

14:00~14:05 開会の挨拶 (犬飼義明 (根研究学会 会長))

14:05~14:15 2019 年度 根研究学会賞 授賞式

14:20~14:55 【学術功労賞】受賞講演

根系の形態と機能を「見る」

森田茂紀 (東京農業大学農学部)

14:55~15:20 【学術奨励賞】受賞講演

樹木およびササの細根動態および土壌中の炭素・窒素動態に及ぼす影響

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)

15:20~15:45 【学術奨励賞】受賞講演

森林生態系における樹木細根の成長様式の解明

遠藤いず貴 (兵庫県立大学)

15:45~16:00 休憩

16:00~17:55 50 回記念イベント Part I: これまでの 50 回を振り返って

①歴史, ②刊行物, ③ワークショップ, ④国際学会, ⑤苅住渡航基金, ⑥最近の動き

17:55~18:00 記念撮影

18:00~20:00 懇親会 (会場: 名古屋大学グリーンサロン東山 レストラン花の木)

<11 月 24 日 (日)>

9:00~11:00 一般講演 (ポスター発表: 奇数番号 9:00~10:00, 偶数番号 10:00~11:00)

11:00~12:15 50 回記念イベント Part II: これからの 50 回を考える ①グループディスカッション

テーマ 1. 水吸収, 2. 養分吸収, 3. 物質循環 (turnover を含む), 4. 測定/評価方法, 5. 環境応答/ストレス, 6. 生物間相互作用 (共生・寄生・アレロパシー・微生物など), 7. 形態形成, 8. 収量/生産性/成分

12:15~13:05 昼食パーティー (会場: 豊田講堂アトリウム)

13:05~14:20 50 回記念イベント Part II: これからの 50 回を考える ②全体討論 (意見交換・総括)

14:20~14:35 休憩

14:35~14:45 優秀発表賞 授賞式

14:45~14:50 閉会の挨拶 (山内章 (第 50 回記念根研究集会実行委員会委員長))

14:50~14:52 次回開催案内 (牧田直樹 (信州大学))

14:52~15:00 記念撮影

ポスター発表プログラム (11月24日)

奇数番号 9:00-10:00 偶数番号 10:00-11:00 (☆優秀発表賞エントリー)

- ☆P-1 ストロンチウムによるトマトのスベリンと光合成色素に及ぼす影響
長田武・松田昌也・丹敦志・石崎功 (摂南大学理工学部)
- ☆P-2 エリアンサスの根の形成と枯死に関する予備的検討
金井一成^{1,2}・高橋拓真³・森田茂紀³ (¹東京農業大学大学院農学研究科・²鷗友学園女子中学高等学校・³東京農業大学農学部)
- ☆P-3 エリアンサスの湛水耐性と根の生育反応に関する予備的検討
森田茂紀¹・石島雄大¹・高橋拓真¹・金井一成² (¹東京農業大学農学部・²鷗友学園女子中学高等学校)
- P-4 ミミズの生息がコマツナの根や生育、養分吸収に与える影響
永瀧泰¹・上野秀人¹・金田哲²・当真要¹ (¹愛媛大学大学院農学研究科・²農研機構西日本農業研究センター)
- P-5 根の水分屈性を制御するメカノセンサーとカルシウムイオン
高橋弘紀・高橋香織・小林啓恵・藤井伸治・高橋秀幸 (東北大学大学院生命科学研究科)
- ☆P-6 エックス線 CT を用いたイネ根系の4次元可視化パイプラインの構築
寺本翔太・高安聡子・宇賀優作 (農研機構・次世代作物開発研究センター)
- ☆P-7 埋没腐植土層を含む火山灰堆積土壌における樹木根の分布と特性
茂木京菜・小八重善裕・亀岡笑・金子命・畑中朋子・保原達 (酪農学園大学環境共生学類)
- ☆P-8 C-11 ライブイメージングにより示された光合成産物の根からの分泌に対する根圏土壌の生化学的応答
海野佑介¹・尹永根²・鈴木伸郎²・石井里美²・栗田圭輔^{2,3}・三好悠太^{2,4}・河地有木²・信濃卓郎⁵ (¹環境科学技術研究所・²量研機構高崎研・³原子力機構物質科学・⁴JSPS 特別研究員・⁵北海道大学)
- P-9 低地温検定装置を活用した低温耐性サツマイモ系統の育成
藏之内利和¹・石黒浩二²・西中未央¹・片山健二¹ (¹農研機構次世代作物開発研究センター・²農研機構北海道農業研究センター)
- P-10 圃場およびポット栽培したダイズ根の採取法および RNA 抽出方法の検討
岡村森・松波麻耶・狩野真吾・吉岡望・Mumtahina Nabila (岩手大学農学部)

- ☆P-11 The relationship between the distribution of very fine root and soil water content in the shallow soil depth of two coniferous plantations in the same hillslope
Moein Farahnak¹, Keiji Mitsuyasu¹, Takuo Hishi¹, Ayumi Katayama¹, Masaaki Chiwa¹, Seonghun Jeong¹, Kyoichi Otsuki¹, Seyed Mohammad Moein Sadeghi², and Atsushi Kume¹
(¹Faculty of Agriculture, Kyushu University, Japan, ²University of Tehran, Iran)
- P-12 非破壊酸素イメージング法によるイネ発根時の酸素動態のモニタリング
塩野克宏¹・岩崎和也¹・Morten Larsen²・Ronnie N. Glud² (¹福井県立大学生物資源学部・²Suthoen University of Denmark, Department of Biology)
- ☆P-13 表層土壌におけるヒノキ細根の月別脱落根量
吉田巖¹・土居龍成¹・和田竜征¹・谷川東子²・平野恭弘¹ (¹名古屋大学大学院環境学研究科・²名古屋大学大学院生命農学研究科)
- P-14 ジベレリンによる根の成長制御 (Review) ～ジベレリン合成阻害剤から GID1 受容体まで～
谷本英一 (名古屋市立大学名誉教授)
- P-15 連続薄切片による 3D イメージの構築
仁木輝緒・斉藤進・幹康 (ミキ音響イメージプロセッシング部門)
- P-16 二周波同時探査レーダを用いたクロマツ根系の検出
平野恭弘¹・谷川東子²・藤堂千景^{1,3}・山瀬敬太郎³・土居龍成¹・吉田巖¹・西村滯¹・澤志萌⁴・池野英利⁴ (¹名古屋大環境・²名古屋大生命農学・³兵庫県農林技総セ・⁴兵庫県立大環境人間)
- ☆P-17 オタネニンジンの生育と土壌化学性との関連並びに菌根菌共生による機能性成分変動
上原想生¹・松原陽一²・生澤俊朗³ (¹岐阜大院自然科学技術研究科・²岐阜大応用生物科学部・³(株)朝日生薬)
- ☆P-18 湛水処理が普通ソバと宿根ソバの生理形態的形質に及ぼす影響
村上隼・神山拓也 (宇都宮大学農学部)
- P-19 マツの根の解剖学的構造と呼吸量
檀浦正子・辻祥子 (京都大学地球環境学堂)
- P-20 テンサイ欠株による隣接株の補償作用に地上部と地下部はおおむね等しく関与する
辻博之 (農研機構・北農研)
- P-21 コアサンプリング法およびイングロースコア法を用いた実圃場のイネ根量推定の試み
田島亮介・那波多目健太 (東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター)

- ☆P-22 ヒノキ人工林における根現存量の空間的なばらつき
藤井黎¹・大橋瑞江²・大澤晃¹・檀浦正子¹ (1京都大学大学院農学研究科・2兵庫県立大学環境人間学部)
- ☆P-23 長野県飯綱高原のカラマツ林における土壌呼吸速度の構成要素の分離
藤本稜真¹・田村梓¹・栗林正俊²・牧田直樹¹ (1信州大学理学部・2長野県環境保全研究所)
- ☆P-24 スキャナ法を用いた温帯混交林における樹木根フェノロジーの評価
桑辺七穂・趙星一・大橋瑞江 (兵庫県立大学院環境人間学研究科)
- ☆P-25 塩ストレス下で生育したカラマツ属3種の葉内養分と地下部形質の関係性
菅井徹人¹・矢原ひかり²・牧田直樹²・渡部敏裕¹ (1北大院農・2信州大理学部)
- ☆P-26 サラダスピナーを用いた水稻根系の新鮮重測定法の効率性の検証
吉野ひなき・亀岡笑 (酪農学園大学農食環境学群)
- ☆P-27 イチゴでの菌根菌共生による高温及び炭疽病への交差耐性並びにプロテオーム解析
長谷亘真¹・松原陽一²・近藤俊文³ (1岐阜大院自然科学技術研究科・2岐阜大応用生物科学部・3岐阜農技セ)
- ☆P-28 水稻の初冬直播き栽培における出芽率低下要因の解明 ―種子含水率と土壌病害菌に着目して―
及川聡子¹・藤晋一²・西政佳³・由比進³・鈴木健策³・松波麻耶³・下野裕之³ (1岩手大学大学院連合農学研究科・2秋田県立大学生物資源科学部・3岩手大学農学部)
- ☆P-29 スギ細根の成長の初期変化
趙星一・桑辺七穂・大橋瑞江 (兵庫県立大学環境人間学研究科)
- ☆P-30 乗鞍岳標高傾度に対する樹木細根呼吸速度と形態特性の応答
岡本瑞輝・高橋耕一・牧田直樹 (信州大学理学部)
- ☆P-31 オーキシンによってイネの側根数を変化させると塩吸収に影響はあるのか
中村奈緒人¹・仲田麻奈²・山内章¹・三屋史朗¹ (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研究センター)
- ☆P-32 ヒノキ2林分の表層土壌における細根の1年間の成長量
西村滯¹・土居龍成¹・吉田巖¹・和田竜征¹・谷川東子²・平野恭弘¹ (1名古屋大学大学院環境学研究科・2名古屋大学大学院生命農学研究科)
- ☆P-33 ヒノキ樹幹からの水平距離に応じた細根系の次数形態特性
土居龍成¹・谷川東子²・吉田巖¹・西村滯¹・平野恭弘¹ (1名古屋大学大学院環境学研究科・2名古屋大学大学院生命農学研究科)

- P-34 スキャナー画像の取得地点数が根の動態の時間変動パターン推定に与える影響評価
遠藤いず貴¹・久米朋宣²・仲畑了³・大橋瑞江¹ (¹兵庫県立大学・²九州大学・³京都大学)
- ☆P-35 トドマツとハイマツでの標高傾度に対する地上部と地下部の反応の違い
伊藤拓生¹・牧田直樹¹・小林真² (¹信州大学理学部・²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)
- ☆P-36 乗鞍岳において標高勾配に対する根、葉の応答性に樹種間差はあるのか?
増本泰河・伊藤拓生・牧田直樹 (信州大学理学部)
- ☆P-37 イネの初期生育に低濃度海水処理が及ぼす影響
横田佑哉¹・曾根千晴²・小川敦史² (¹秋田県立大学生物資源科学研究科・²秋田県立大学生物資源科学部)
- ☆P-38 菌根および非菌根ダイズのリン吸収を決定する形質
神山拓也¹・唐澤敏彦² (¹宇都宮大学農学部・²農研機構中央研)
- ☆P-39 多樹種を対象とした樹木細根滲出速度の比較
暁麻衣子・牧田直樹 (信州大学理学部)
- ☆P-40 イネにおける異形側根の発生制御機構の解析
河合翼¹・高橋 (野坂) 美鈴²・高橋宏和¹・佐藤豊²・中園幹生¹・山内章¹・犬飼義明³
(¹名大・院生命農学・²遺伝研・³名大・農国センター)
- ☆P-41 長野県カラマツ林における細根とシュートの動態および色情報
田村梓¹・小熊宏之²・藤本稜真¹・栗林正俊³・牧田直樹¹ (¹信州大学理学部・²国立環境研究所・³長野県環境保全研究所)
- ☆P-42 可視-近赤外分光反射率を用いた 20 樹種の樹木細根系の機能特性の予測
谷川夏子¹・中路達郎²・小島実和¹・牧田直樹¹ (¹信州大学理学部・²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)
- ☆P-43 高木限界の樹木 4 種における細根の吸水および通水特性
矢原ひかり¹・東若菜²・鎌倉真依³・高木優哉³・小杉緑子³・牧田直樹¹ (¹信州大学大学院総合理工学研究科・²神戸大学大学院農学研究科・³京都大学大学院農学研究科)
- ☆P-44 *Zea nicaraguensis* の乾燥耐性に関する生理学的解析
鈴木大介¹・Gong Fangping^{1,2}・高橋宏和¹・大森史恵³・間野吉郎³・中園幹生¹ (¹名古屋大学生命農学研究科・²河南農業大学・³農研機構・畜産研究部門)

- ☆P-45 *Zea nicaraguensis* の酸素漏出バリア形成制御遺伝子の解析
 中山洋平¹・渡邊宏太郎¹・黒川裕介¹・高橋宏和¹・井出健斗¹・高橋秀和²・大森史恵³・間野吉郎³・中園幹生¹ (1名大院生命農・2福島大・農学群食農学類・3農研機構・畜産研究部門)
- ☆P-46 *Zea nicaraguensis* の根における通気組織形成の制御機構の解明
 寧佳陽¹・Gong Fangping^{1,2}・高橋宏和¹・大森史恵³・間野吉郎³・中園幹生¹ (1名古屋大学大学院生命農学研究科・2河南農業大学・3農研機構・畜産研究部門)
- ☆P-47 クロマツの滞水応答 ―細根成長と蒸散の変化―
 藤田早紀¹・野口享太郎²・丹下健¹ (1東京大学農学生命科学研究科・2森林総合研究所東北支所)
- ☆P-48 異なる光波長照射がコマツナとレタスの生育に及ぼす影響
 藤田涼佑・小川敦史 (秋田県立大学生物資源科学部)
- P-49 引き抜き抵抗によるサトウキビの根量推定の試み
 阿部淳¹・佐藤光徳²・黒木栄一²・西原悟²・瀬尾翔太¹・藤原航¹・田村泰章³・梅田周³・安達克樹³ (1東海大学農学部・2鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場・3農研機構九州沖縄農業研究センター種子島研究拠点)
- ☆P-50 細胞膜の流動性変化を介したシロイヌナズナ根の初期低温応答メカニズム
 菅原拓也・蔭西知子・陽川憲 (北見工業大学)
- ☆P-51 光刺激によるシロイヌナズナ根端アミロプラストの状態と重力屈性への影響
 折手大和¹・František Baluška²・陽川憲¹ (1北見工業大学・2IZMB, University of Bonn)
- ☆P-52 冠水時期がアフリカイネの冠水抵抗性におよぼす影響
 越前屋雄大・豊福恭子・小川敦史・曾根千晴 (秋田県立大学生物資源科学部)
- ☆P-53 サイトカイニンはいネの ROL バリア形成に関与する
 清水香那・塩野克宏 (福井県立大学大学院生物資源学研究科)
- ☆P-54 ツツジ科植物における菌根タイプの変遷に伴った異形根性の進化
 馬場隆士¹・廣瀬大²・半智史³・船田良³・伴琢也³ (1農研機構果樹茶業研究部門・2日本大学薬学部・3東京農工大学農学部)
- P-55 シロイヌナズナの根が低酸素条件下で生成するエタノールによる細胞骨格と細胞膜への影響
 蔭西知子¹・František Baluška²・陽川憲¹ (1北見工業大学・2IZMB, University of Bonn)

- ☆P-56 変動水分条件に対してイネ根が発揮する側根発育および通気組織形成に関わる可塑性と水通導性との関係
井ノ口華帆¹・三屋史朗¹・仲田 (狩野) 麻奈²・山内章¹ (¹名古屋大学大学院生命農学研究科・²名古屋大学農学国際教育研究センター)
- P-57 カラマツ細根の生死判定における分光・蛍光画像および形質観測の有効性
中路達郎¹・小熊宏之²・大橋瑞江³・牧田直樹⁴ (¹北海道大学・²国立環境研究所・³兵庫県立大学・⁴信州大学)
- ☆P-58 変動土壌水分条件に対してイネ根系が発揮する発育的可塑性に関わる QTL 解析
丹下美咲¹・仲田 (狩野) 麻奈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名古屋大学農学国際教育研究センター)
- P-59 踏圧下での窒素付加がグイマツ雑種 F₁ の根の発達に及ぼす影響
菅井徹人¹・横山聡子²・渡部敏裕³・玉井裕³・佐藤冬樹⁴・小池孝良³ (¹北大院農学・²北大農・³北大農学研究院・⁴北大北方生物圏フィールド科学センター)
- ☆P-60 Effect of salt stress on root system developmental response and anatomical characteristics in rice
Maria Corazon J. Cabral^{1,2}, Hiroshi Ehara² and Mana Kano-Nakata² (¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University)
- ☆P-61 イネ根系を構成する異形根間のアクアポリン遺伝子発現量差異とその根系水通導性に対する機能的役割における品種間比較
渡邊友実加¹・三屋史朗¹・仲田 (狩野) 麻奈²・山内章¹ (¹名古屋大学大学院生命農学研究科・²名古屋大学農学国際教育研究センター)
- ☆P-62 色・構造・弾力性を用いた樹木根系の枯死判別方法の模索
鈴木大介¹・遠藤いず貴¹・中路達郎²・牧田直樹³・谷川夏子³・清水英字夏³・田村梓³・大島暢人³・伊藤拓生³・増本泰河³・吉田巖⁴・藤井黎⁵・大橋瑞江¹ (¹兵庫県立大学環境人間学部・²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・³信州大学理学部・⁴名古屋大学・⁵京都大学)
- ☆P-63 Parental root bending induces L-type lateral root formation via auxin accumulation at the outer side of bent region in rice
N Lucob-Agustin¹, T Kawai¹, M Takahashi-Nosaka², M Kano-Nakata³, C Mbathi Wainaina⁴, T Hasegawa¹, M Inari-Ikeda³, M Sato⁵, H Tsuji⁵, A Yamauchi¹ and Y Inukai^{3,6} (¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²National Institute of Genetics, ³International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University, ⁴Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, ⁵Kihara Institute for Biological Research, Yokohama City University, ⁶PREST, JST)

【学術功労賞】 根系の形態と機能を「見る」

森田茂紀

東京農業大学農学部

(sm205307@nodai.ac.jp)

著者は、「サヘルの森」というNPOの自然に学ぶ姿勢から学び、それを「根のデザイン」として理論化することを試みた。すなわち、自分の根の研究を、①達成目標としての理想型根系を解明すること、②それを実現するために根の形態と機能を制御する技術を開発すること、この2点をセットとして進めることと位置付けた。両者を進めていくためには、③根の形態と機能をどのように測定し、その結果を評価するかが大きな課題となる。これが、「根のデザイン」における3つのポイントである。

茎葉部については、葉面積やSPAD値を測定し、評価することが標準化されているのに対し、根系については何をどう測り、形態や機能をどう評価するかについて従来から様々な手法や指標が開発され、使われているものの、必ずしも標準化が進んでいるとはいえない。著者はフィールドにおける畑作物の根系調査については、土壌断面法を中心に、必要に応じてコアサンプリング法を利用するのが現実的だと考えている。

ただし、これらの方法で求められるのは、生育段階のある一時点の根系の姿でしかない。根系はそれぞれの生育段階における根の形成と枯死脱落との差し引きの積み重ねなのである。したがって、最終的な根系と茎葉部の姿を比較対応しても、得られる知見は必ずしも多くない。茎葉部と同様、根系の形態や機能を考えるにも時間軸を導入することが必須である。イングロスコア法は、利用しやすい現実的な方法と考えている。

もう1つ大切なこととして、茎葉部を考えるとときに根系を忘れてはならないのと同様、根系を考えるとときに茎葉部との関係を念頭におく必要がある。すなわち、根系が茎葉部との関係を含めてどのような構造をもっているか、その根系がいつ、どこから、どのように形成され、どういうライフコースを辿るのか、そして、老化・枯死・脱落が異なるタイミングで進んでいく非常に多くの根(個根)によって根系が構成されるということを忘れてはならない。

さらにいえば、最終的に重要なのは根系の形態ではなく機能であり、それが茎葉部や収量とどのような相互関係にあるかを明らかにし、それを踏まえて作物の生育や生産を改善していくことである。そのためには、現場において根系機能を測定評価する必要がある。著者は、現時点においては根系の出液速度を測定することと、出液成分を分析することが役立つと考えており、水稻を中心に知見を積み重ねてきた。

対象とする作物は限られているものの、根系(や根系を構成している個根)の形態と機能をどう捉えるかという大きな課題について、曲がりなりにも一連の見方を提示することができたのではないかと考えている。このことが、従来の研究成果を含めて前提を整理したこととして、今後の根研究の発展につながれば幸いである。根研究学会が日本と世界の根の研究の発展に引き続き貢献していくことを心から願うものである。

参考文献 ●森田茂紀・阿部淳監修(1998) 根の事典. 朝倉書店 ●森田茂紀(2000) 根の発育学. 東京大学出版会 ●森田茂紀編(2003) 根のデザイン. 養賢堂 ●森田茂紀・田島亮介監訳(2008) 根の生態学. シュプリンガー・ジャパン ●森田茂紀・大門弘幸・阿部淳編(2006) 栽培学-環境と持続的農業-. 朝倉書店 ●森田茂紀編(2018) エネルギー作物学. 朝倉書店 ●森田茂紀編(2019) デザイン農学概論. 朝倉書店

【学術奨励賞】 樹木およびササの細根動態および土壌中の炭素・窒素動態に及ぼす影響

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

(caribu@fsc.hokudai.ac.jp)

森林は炭素の固定や水質浄化など多面的な生態系機能を有しており、物質循環プロセスを評価することにより森林の機能を把握することができる。その中において一次生産者の関与はきわめて大きく、バイオマスや純一次生産量 (NPP) の正確な評価が求められている。しかし、地下部の細根 (ここでは直径 2 mm 未満の根と定義) 動態の観測研究は地上部と比べて非常に限られており、森林における細根を介した地上部-地下部間の物質の移動量の評価に不明な点を残している。また、わが国の森林では冷温帯林を中心に林床にササ類が密生しているが、ササ植生のバイオマスや NPP の定量が十分に行われているとはいえず、生態系機能における役割についても検討されていない。ササは地下茎を伸長させて繁殖するクローナル植物であり、特徴的な地下部動態機構を有していることが推察される。加えて森林伐採などの攪乱後の細根動態やササとの関わりを調べることは、攪乱後の生態系のレジリエンス (抵抗性) 評価の点から重要である。本研究ではササ型林床をもつ冷温帯林においてササにも注目して細根動態を明らかにするとともに、土壌中の炭素・窒素動態に及ぼす影響を調べた。また上層木除去または森林伐採による攪乱を受けた森林での攪乱前後の窒素溶脱と細根動態の関係を検証した。調査は北海道北部の林床にクマイザサが密生する冷温帯林にて行った。

未攪乱の森林の樹冠 (ミズナラ) 下においてオーガー法を用いて細根バイオマスの垂直分布および時間変化を調べた。そして細根の色や形態的特徴から樹木とササに分別した。また細根を直接非破壊的に観測できるミニライプトロン法を用いて同一の位置の土壌断面画像を 3 年にわたり撮影し、根系解析ソフトを用いて根長ベースの細根量の垂直分布および時間変化を測定した。細根生産速度・枯死分解速度はそれぞれ撮影間隔期間ごとに新規で出現した根の根長および伸長量の合計、消失根の根長合計とした。すべての根長データは画像面積当たりの値 (根長密度) に変換して評価した。細根ターンオーバー (yr^{-1}) を年間の最大または平均根長密度 (mm cm^{-2}) に対する年間の累積細根生産または細根枯死・分解 ($\text{mm cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$) の比として算出した。根長データから算出した細根ターンオーバーに平均細根バイオマスを乗じることにより、細根生産量および細根枯死・分解量 ($\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) を算出した。

細根バイオマスは表層 15 cm に深さ 60 cm までの全細根の 41-61% が集中し、深くなるにつれて減少した。種類別では約 59-88% がササで占められ、ササが細根の重要な構成要素であることが示唆された。細根バイオマスの季節変化は明瞭ではなく、時間は説明要因にならなかった。一方、根長密度には季節性が認められた。細根生産速度は明瞭な季節性を示し 7~8 月の夏季中盤から後半に最大になった。他の要因との関係では、地温、気温と有意な正の関係があったのに対し、土壌水分率との関係は弱かった。さらに細根生産速度はミズナラの植物面積指数 (PAI) およびササの PAI 増加率と有意な関係があり、細根生産が環境要因 (温度) に加えて植物地上部の生産 (内的要因) の影響を受けている可能性が示唆された。一方細根枯死・分解速度には明瞭な季節変化がなかった。表層 15 cm の細根生産および細根枯死・分解ターンオーバーの 3 年平均は、それぞれ $0.84-1.04 \text{ yr}^{-1}$, $0.53-0.66 \text{ yr}^{-1}$ だった。表層 60 cm の細根生産量および細根枯死・分解量はそれぞれ $589-726 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, $279-342 \text{ g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ と算出された。細根生産量は林分の地上部地下部を含めた総 NPP の 36-41% を占めた。森林において細根生産および枯死・分解プロセスによる細根を介した地上部から土壌への有機物および炭素や窒素の供給は、地上部リターフォールとならぶ重要な経路であることが明らかになった。また、ササが細根の主要な構成要素であり、森林の生産性に寄与していることが示された。上層木除去や森林伐採後の窒素溶脱、細根動態の応答の観測から、樹木除去後の窒素溶脱量が増加しないこと、攪乱後即座にササ細根が増殖することにより、細根バイオマスが維持されることが示された。ササが細根動態への働きかけを通じて攪乱後の林分および流域における窒素保持に大きく貢献していることが明らかになった。

【学術奨励賞】 森林生態系における樹木細根の成長様式の解明

遠藤いず貴

兵庫県立大学

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

発表者は近年、元々の専門である解剖学から生態学へと根に関する研究課題を移行してきた。実験室での顕微鏡下の根から林分スケールの根の世界に出たことで、根の見え方が変わったと同時に、さまざまな研究者との共同研究を行う機会を得た。本発表では、熱帯雨林で現地研究者らと進めてきた根の生態学的研究で得られた知見を紹介する。

森林生態系は地球上の生物群系における主要な二酸化炭素の吸収源としてその重要性が増している。近年、森林生態系における炭素貯留機構の中で、根系の動態や機能が注目されている。通常細根と呼ばれる直径 2 mm 以下の根は、比較的短い周期で生産・枯死をくり返すことや、呼吸や有機物の滲出が活発であることから、森林生態系の炭素動態に大きな影響を及ぼすとされる。熱帯雨林は、年間で降水量が多く、平均気温が高いため、単位面積あたりの純一次生産が陸域の自然生態系の中でもっとも高い。したがって、熱帯林の根の動態や機能の解明は生物群系全体の炭素貯留機構を評価する上で重要である。しかしながら、日本からのアクセスや研究環境の問題、現地のカウンターパートの必要性などから、熱帯での研究の遂行および継続は容易ではない。発表者は、熱帯林の根の成長や枯死等の動態を解明するため、地下部を非破壊的に追跡できるスキャナー法を用いて、熱帯雨林における根の生産と分解の 1) 空間分布、2) 時間変動パターン、3) 直径別の違いを検討した。調査は、マレーシア、ボルネオ島のサラワク州に位置するランビルヒルズ国立公園内の熱帯雨林で行った。スキャナー画像は、現地の共同研究者らの協力により調査地内の 5 か所において、2014 年 4 月から 2015 年 5 月の間の 2-4 週に一度取得された画像を用いた。根の生産および分解 (消失) は、ソフトウェア (Fiji, GIMP) を用いて画像から手動で抽出し (図 1)、投影面積と長さを求めた。さらに、抽出した根はソフトウェア (WinRHIZO) を用いて直径 0.5 mm 毎に分け、それぞれの直径別の投影面積と長さも求めた。解析の結果、画像内で根の生産および消失が起こる空間的なばらつきは、画像を取得した場所によって異なった。月ごとの根の投影面積から、根の生産と分解のピークの数やタイミングといった時間変動パターンは、画像を取得した場所により異なったが、いくつかの場所で共通した時期にピークが認められた。熱帯雨林では 1 年を通して気温が高いため、根の動態に対する降水量の影響を検討したが、画像取得期間中の降水量、気温ともに、根の生産および消失との間に有意な関係は認められなかった。また、根の生産と消失は主に 0.5 mm 以下の細い根が占めており、これらの細根の寄与が大きいことが明らかになった。これらの結果から、根の動態の空間分布や時間変動パターンの違いは、ボルネオの熱帯雨林の高い種多様性と不明瞭な季節性に起因する可能性がある。

さらに、発表者は熱帯雨林における地下部の研究を現地研究者らと継続していくことを目指して、日本とマレーシアの研究者や技術者らと国立公園内でフィールドトレーニングの開催に携わった (図 2)。研究紹介や森林内で採取した土壌から根を選り分ける作業を通して、地下部研究の重要性の一端でも伝わればと思う。継続的な研究が難しい海外での調査研究において、少しでも現地の状況を理解し、現地の研究者らによる根系の研究の発展が期待される。

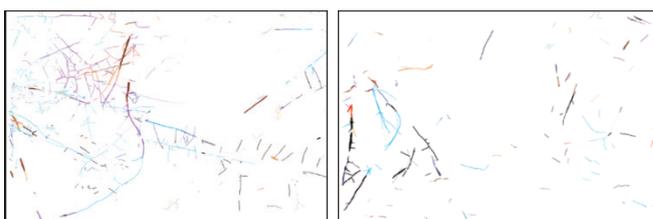


図 1 年間で成長した根 (左) と消失した根 (右)

Endo et al., 2019. Plant and Soil から一部改変。



図 2 フィールドトレーニング参加者と

P-1

ストロンチウムによるトマトのスベリンと光合成色素に及ぼす影響

長田武*・松田昌也・丹敦志・石崎功

摂南大学理工学部

(*t-nagata@lif.setsunan.ac.jp)

土壌中に存在するストロンチウム (Sr) は植物にとって非必須元素であり、その吸収は土壌 pH と植物種によって著しく変化する。ダイズやアマランサスなど一部の種は高い Sr 吸収能を有することが明らかにされている。しかし、トマトなどの野菜の詳細な報告は少なく、また、Sr による影響も全く不明である。そこで我々は、Sr のトマト若苗の根のスベリンと葉の光合成色素に及ぼす影響について解明を試みた。

本研究ではトマト Micro-Tom を用いた。種々の Sr 濃度を含む寒天培地上に播種し、2 週間後、生育影響を調べた。地上部及び根の新鮮重量は Sr 濃度と逆相関を示し、Sr 蓄積は Sr 濃度とともに増加した。また、鉄およびマグネシウムは顕著な影響は見られなかったが、カルシウムが増加することがわかった。次に、根の形態への影響について顕微鏡下で観察したところ、明らかな組織障害は見られなかった。そこで、根におけるスベリンの蛍光染色を行ったところ、10 mM Sr 処理によりスベリンの誘導が観察された。これらの結果から、スベリン誘導による拡散障害がカルシウムの蓄積の一因と考えられる。一方、葉の光合成に関わる色素を測定したところ、顕著な影響は見られなかった。今後、Sr によるカルシウム吸収機構への影響についても検討したいと考えている。

P-2

エリアンサスの根の形成と枯死に関する予備的検討

金井一成^{1,2}・高橋拓真³・森田茂紀^{3*}¹東京農業大学大学院農学研究科・²鷗友学園女子中学高等学校・³東京農業大学農学部

(*sm205307@nodai.ac.jp)

セルロース系エネルギー作物である多年生・イネ科作物のエリアンサス (*Saccharum arundinaceum* = *Erianthus arundinaceus*) は、ストレス条件下でも高いバイオマス生産性を示す。エリアンサスのストレス耐性とバイオマス生産性が高い背景の1つとして大型で深根性の根系があることを、著者らは土壌断面法を利用して明らかにした。ただし、これは出穂期/成熟期の1時点における根系調査の結果である。そこで、根系形成過程について、イングロースコア法を使って検討したところ、根系を構成する節根および側根の形成と枯死を分けて捉えることができた。そこで、これまではあまり検討されてこなかった根の枯死について、非破壊的に継続して検討するために、ルートウインドウ法を採用した。土壌表面下 30 cm と 100 cm にルートウインドウを設置し、継続的に観察を行ったところ、10~12 月に根の枯死が多いことが確認できた。また、土壌中から採取した根を土壌と一緒にシャーレに入れてインキュベータ内に置いたところ、根の表皮および皮層が分解されることが明らかになった。トビムシなどの土壌動物が根を食害していることも疑われた。以上のように、エリアンサスでは根の形成と枯死とが繰り返えされながら、根系形成が進むことが確認できた。

P-3

エリアンサスの湛水耐性と根の生育反応に関する予備的検討

森田茂紀^{1*}・石島雄大¹・高橋拓真¹・金井一成²¹東京農業大学農学部・²鷗友学園女子中学高等学校

(*sm205307@nodai.ac.jp)

多年生のイネ科作物であるエリアンサス (*Saccharum arundinaceum* = *Erianthus arundinaceus*) は、不良環境条件下でも高いバイオマス生産性を示すセルロース系エネルギー作物である。これまでの研究で、乾燥にも過湿にも強いことを確認しているが、湛水耐性については検討していない。熱帯・亜熱帯で栽培する場合は一時的な湛水が起こる可能性もあるので、ポット栽培したエリアンサスを用いて湛水条件に対する生育反応を予備的に検討した。苗を 1/5000 a のワグナーポットに定植して 3 週間後から湛水状態で栽培する処理区を設定し、対照区 (適宜、灌水) との生育を比較検討した。処理開始後 7 週間でも湛水区のエリアンサスは生きており、生育していた。茎葉部をみると、茎数は湛水区 < 対照区で、草丈は湛水区 ≒ 対照区であった。次に根系をみると、分けつ当たりの節根数は湛水区 > 対照区で、節根長は湛水区 < 対照区であった。また、節根基部から 0~10 cm に形成された側根数は湛水区 < 対照区であったが、側根長は湛水区 > 対照区であった。以上のように、エリアンサスは耐湿性が非常に高く、湛水条件で栽培すると生育は抑制されるが生き残り、生育することが可能であった。その場合、新たに形成される節根と側根が特徴的な生育反応を示した。

P-4

ミミズの生息がコマツナの根や生育、養分吸収に与える影響

永瀧泰¹・上野秀人^{1*}・金田哲²・当真要¹¹愛媛大学大学院農学研究科・²農研機構西日本農業研究センター

(*uenoh@agr.ehime-u.ac.jp)

ミミズは主要な大型土壤動物であり、有機物分解や土壤構造の形成など農耕地生態系において重要な働きを行っており、作物生育が促進されることが知られている。クローバーを施用したミミズ生息土壤にクローバーを施用してコマツナを栽培した場合の根系発達、生育や養分動態に与える影響を調査した。砂質土壤 3.5 kg を入れた 1/5000 a ワグネルポットに、メキシコミミズ (*Metaphire californica*) を 7 頭入れた。有機物としてシロクローバーを表面施用した (ミミズ有クローバー区)。比較対照として、ミミズ無クローバー施用区、化学肥料区、無施用区を設けた。全ての区の施肥窒素量は 20 g N/m²とした。

ミミズ有クローバー区の作物の窒素吸収 index (草丈×葉数×SPAD) は、高く推移し、ミミズ無クローバー施用区より有意に高かった。収穫時における地上部および根の窒素吸収量も他の処理区に比べて有意に高かった。ミミズ生息によりコマツナ地上部と根の窒素吸収量はそれぞれ 23%と 54%増加した。これはミミズがクローバーを摂食して、窒素の無機化を促進し、窒素供給量を高めたと考えられた。窒素吸収量とコマツナ乾燥重には、正の相関 ($r=0.9586$) が見られ、窒素供給量が収量に直接関係したと考えられた。収穫時におけるコマツナ根の乾重と体積は有意 ($p=0.05$) に、ミミズ有クローバー区 > ミミズ無クローバー区、化学肥料 > 無施肥区になった。しかしながら、総根長と根表面積については、無施肥区以外は処理区間に有意差は見られなかった。ミミズ有クローバー区のコマツナ根平均直径は、他の処理区より有意に高かった。

P-5

根の水分屈性を制御するメカノセンサーとカルシウムイオン

高橋弘紀・高橋香織・小林啓恵・藤井伸治・高橋秀幸*

東北大学大学院生命科学研究科

(*hideyuki@ige.tohoku.ac.jp)

植物の根が効率的に水を獲得するために、水分勾配を感知して高水分側に屈曲・伸長する水分屈性能を有することが証明され、その制御分子が明らかになってきた。われわれは、水分屈性の発現に必須の分子として MIZUKUSSEII (MIZ1) ならびに MIZ2 を同定し、また、アブシジン酸 (ABA) が根の水分屈性に正の制御因子として働くことを見出した。シロイヌナズナの根の水分屈性では、MIZ1 と ABA はともに根の伸長領域の皮層で機能し、また、根冠やオーキシンの輸送・応答を必ずしも必要としない。このように、水分屈性はユニークなメカニズムによって制御される。しかし、センサーをはじめとする水分勾配感受の仕組みは不明である。また最近、MIZ1 が小胞体膜 Ca^{2+} -ATPase を負に制御して細胞内 Ca^{2+} 濃度を増大させること、 Ca^{2+} を含む陽イオン結合タンパク質の PCaP1 が水分屈性に関与することが報告された。われわれがこれまでに示した水分屈性における Ca^{2+} の関与も含めて、これらの結果からメカノセンサーならびに細胞内 Ca^{2+} 濃度が水分屈性に機能する可能性を考え、本研究では各種メカノセンサーと水分屈性の関係、ならびに水分屈性の発現にともなう細胞内 Ca^{2+} 濃度の動態変化を、シロイヌナズナの突然変異体および YC3.6 系統を用いて解析した。その結果、完全な水分屈性の発現には MSL (Mechanosensitive channel of small conductance - like) を必要とし、根端における細胞内 Ca^{2+} 濃度の上昇は浸透圧ストレスにより誘導され、それが伸長領域で機能して水分屈性の発現に寄与すると考えられた。

P-6

エックス線 CT を用いたイネ根系の 4 次元可視化パイプラインの構築

寺本翔太・高安聡子・宇賀優作*

農研機構・次世代作物開発研究センター

(*yuga@affrc.go.jp)

環境ストレスが作物の根系発達に与える影響を評価するうえで、根系発達を経時的に測定することは重要である。そこで本研究では、エックス線 CT を用いたイネ根系の 4 次元 (空間 3 次元および時間 1 次元) 可視化パイプラインを構築した。グロスチャンバーで生育させた陸稲品種 Kinandang Patong を実験材料とし、1 回の撮影時間を 10 分として撮影条件を検討した。管電圧・管電流の条件を検討したところ、管電圧 225 kV、管電流 500 μA の条件で根と土のコントラストが最も強くなった。この条件で撮影した画像から、根系の 3 次元抽出を行った。3 次元メディアフィルターによりノイズを除去し、根系をエッジとして抽出した。処理は Python3 にて行い、演算時間は Xeon CPU E5-2650 v4 を用いて 2 分だった。経時変化の可視化には複数回の撮影が要求されるため、エックス線の被ばく蓄積がイネに与える影響を評価した。0.5 mm 厚の銅フィルターを用いてエックス線を硬化させた条件下、連続 7 日間の照射試験を行った。その結果、草丈、根長、地上部および地下部の乾物重に有意な影響は認められなかった。撮影許容回数は過去の文献から 140 回と推定された。構築したパイプラインを用いて播種後 7 日目から 27 日目までの Kinandang Patong を連続撮影したところ、根系発達の 4 次元可視化に成功した。本パイプラインは根系の 3 次元定量化の前処理として有望である。

P-7

埋没腐植土層を含む火山灰堆積土壌における樹木根の分布と特性

茂木京菜*・小八重善裕・亀岡笑・金子命・畑中朋子・保原達

酪農学園大学環境共生学類

(*s21653108@stu.rakuno.ac.jp)

火山活動が活発な日本では、火山噴出物の降下、堆積により表層の腐植土層が地下へと埋没し、土壌断面の下層に埋没腐植土層として見られることがある。これらの土壌には、表層土壌と同等の有機物や無機質の栄養分が保持されることが報告されている。層内の有機物は、炭素年代の先行研究によりその層位が埋没した年代よりも若い年代であることが明らかにされており、埋没後に有機物が新たに混入している可能性がある。また、窒素やリン酸などの無機質の栄養分を豊富に含む土壌には、養分吸収性の高い細根をはじめとする樹木根が多く分布することが知られている。そこで本研究では、埋没腐植土層を含む火山灰堆積土壌において、樹木根が深層土壌中の物質の動態に与える影響を把握することを目的として、樹木根の分布や特性を明らかにすることとした。樽前火山堆積物が分布する北海道大学苫小牧研究林において、樽前 a から樽前 c 層 (0~2.19 m) まで層位毎に樹木根と土壌を採取し各種分析を行った。その結果、樹木根は土壌深とともに減少傾向にあったものの、埋没腐植土層では顕著に増加した。また、細根の中でも特に呼吸活性の高いとされる直系 0.5 mm 未満の微細根の割合が深層土壌や埋没腐植土層で増加する傾向にあり、根の C/N は埋没腐植土層に分布する根で減少する傾向が見られた。これらのことから、埋没腐植土層を含む火山灰堆積土壌において樹木根は、呼吸活性の高い微細根を優先的に分布させることで、深層土壌からの養分吸収および炭素流入源となっていることが示唆された。またポスター発表では層位毎の菌根菌感染率についても報告する予定である。

P-8

C-11 ライブイメージングにより示された光合成産物の根からの分泌に対する根圏土壌の生化学的応答

海野佑介^{1*}・尹永根²・鈴木伸郎²・石井里美²・栗田圭輔^{2,3}・三好悠太^{2,4}・河地有木²・信濃卓郎⁵¹環境科学技術研究所・²量研機構高崎研・³原子力機構物質科学・⁴JSPS 特別研究員・⁵北海道大学

(*unno@ies.or.jp)

植物根から根圏土壌へ分泌される光合成産物の量は、根の部位や状態、周辺環境の変化等により変動する。そのため同一植物体であっても、根圏土壌の生化学的特性は部位や調査時期によって異なることが指摘されてきた。我々は ¹¹C₂ とポジトロンイメージング装置を用いることで光合成産物の動態を可視化し、光合成産物の分泌量の違いが根圏土壌の生化学的特性に与える影響を評価した。

根箱を用いて栽培したマメ科作物シロバナルーピン地上部に ¹¹C₂ を投与し、¹¹C 標識光合成産物の根系への転流をポジトロンイメージング装置により撮像した。投与 80 分後に根箱を解体し、根圏土壌へ分泌した ¹¹C 標識光合成産物の分布を評価した。その後、土壌を 2 cm 間隔で格子状の区画に分割し、各区画土壌を対象として、水抽出溶液に含まれる無機元素量、微生物群集の構造及び機能性遺伝子の変動を調査した。

根圏土壌へ分泌された ¹¹C 標識光合成産物はスポット状に存在することが観測され、これらの領域にはクラスター根の存在が確認された。C-11 のアクティビティが高い区画においては、水抽出溶液中有機炭素や無機リン濃度が高まり、Gammaproteobacteria やリン獲得関連機能性遺伝子の相対的存在比率に変化が見られた。

P-9

低地温検定装置を活用した低温耐性サツマイモ系統の育成

藏之内利和^{1*}・石黒浩二²・西中未央¹・片山健二¹¹農研機構次世代作物開発研究センター・²農研機構北海道農業研究センター

(*kurasan@affrc.go.jp)

筆者らは、冷涼地でのサツマイモ栽培の拡大、蒸切干加工用原料の生産地帯等で行われている無マルチ栽培などに対応し、低地温に対する耐性が高い低温耐性サツマイモ系統を育成してきた。その中で、できるだけ簡易な装置により、低地温耐性を検定できる手法を開発した(藏之内ら, 2019)。検定条件は 17°C で 3 週間の栽培期間とし、植えた蔓先の生育および発根状況により低地温耐性を評価し、400 以上の遺伝資源系統や育成品種・系統の中から有望な交配親を選定した。さらに、それらを用いた交配を実施し、得られた後代の選抜を進めた結果、育成地(茨城県つくばみらい市)での早植え無マルチ栽培や、農研機構北海道農業研究センター芽室研究拠点など北海道内での試作試験で多収を示す系統が、いくつか育成されてきた。また、当初は食味等実用特性の劣る系統が多かったものの、良食味の育成品種等との交配を繰り返し、上記の選抜手法を適用した結果、実用特性の良好な低温耐性系統を育成することが可能となった。本報告の一部は、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業(課題番号 27033C)」の援助を受けて実施された。文献: 藏之内ら 2019. 根の研究 28 (1): 3-8.

P-10

圃場およびポット栽培したダイズ根の採取法および RNA 抽出方法の検討

岡村森・松波麻耶*・狩野真吾・吉岡望・Mumtahina Nabila

岩手大学農学部

(*mayanami@iwate-u.ac.jp)

圃場栽培される作物の遺伝子発現動態の解明のためには、サンプルの採取方法や効果的な RNA 抽出方法の確立が必要である。第 49 回根研究集会では、幅広い生育ステージの水稲根を対象としたサンプリング手法や遺伝子発現解析手法を提案した。本研究では畑条件で栽培される作物根を対象に、生育ステージの進展が RNA 抽出効率に及ぼす影響やサンプリングに要する時間が遺伝子発現解析に及ぼす影響について検討した。材料としてダイズを用い、圃場およびポット栽培を行った。圃場栽培したダイズ根は播種後 35, 56, 76, 97 日目にサンプリングを行い、キット単独およびキットと前処理試薬の組み合わせにより RNA を抽出し、抽出法の違いおよび生育ステージの違いによる RNA 抽出濃度の比較を行った。ポット栽培したダイズ根については、根の水洗いに要する時間を 5 秒, 1 分, 5 分とし、それらの根サンプルについてリアルタイム PCR 解析により主要なアクアポリン遺伝子の発現レベルを比較した。その結果、イネに比較してダイズの根サンプルは生育の進展による著しい RNA 収量の低下は認められないこと、また 5 分以上の水洗により特定のアクアポリン遺伝子発現が変動してしまう可能性があることが確認された。

P-11

The relationship between the distribution of very fine root and soil water content in the shallow soil depth of two coniferous plantations in the same hillslope

Moein Farahnak^{1*}, Keiji Mitsuyasu¹, Takuo Hishi¹, Ayumi Katayama¹, Masaaki Chiwa¹, Seonghun Jeong¹,
Kyoichi Otsuki¹, Seyed Mohammad Moein Sadeghi², and Atsushi Kume¹

¹Faculty of Agriculture, Kyushu University, Japan, ²University of Tehran, Iran

(*moein.farahnak@gmail.com)

We investigated the density of very fine roots ($x < 0.5$ mm in diameter) and the soil water content distribution in shallow soil depth (0–30 cm soil depths) along a slope with two different vegetation covers, *Cryptomeria japonica*, and *Chamaecyparis obtusa*. The results suggested that high densities of very fine root biomass and length around *Ch. obtusa* individual trees caused the water shortage in the soil surface layer; while the high soil water content around *Cr. japonica* individual trees seemed to be caused by other soil properties such as high soil hydraulic conductivity. We also found soil water content increased significantly around *Ch. obtusa* individual stumps in 5–30 cm depth, after one-year logging, while soil water content had an insignificant increase around *Cr. japonica* individual stumps in 0–30 cm depth than that corresponding tree species. These findings show dense very fine roots might impact on soil hydrological processes in *Ch. obtusa* plantations.

P-12

非破壊酸素イメージング法によるイネ発根時の酸素動態のモニタリング

塩野克宏^{1*}・岩崎和也¹・Morten Larsen²・Ronnie N. Glud²

¹福井県立大学生物資源学部・²Suthoen University of Denmark, Department of Biology

(*shionok@fpu.ac.jp)

湿生植物であるイネは冠水した土壌でも発芽する。しかし、深水状態で湛水直播した場合のように、発芽期に酸素濃度が低いと、鞘葉は伸びるものの種子根は発根せず、正常な発芽成長ができない。深水状態では、鞘葉が伸びて先端が水面上に抽出した場合や排水した場合に種子根が伸長をはじめ。このように、酸素が種子根の伸長に関わることは知られていた。しかしながら、鞘葉の抽出と種子根の伸長と酸素状態がどのように関係しているのか?といった詳細は明らかになっていなかった。私たちは光化学反応を利用して酸素動態を非破壊で連続的に計測できる、2次元オプトード法を用いて鞘葉の抽出と種子根の伸長過程を観察することに成功した。興味深いことに、イネでは鞘葉が水面上に抽出した直後に種子胚近傍に酸素の一過的な上昇が見られた。それまでは根の伸長がみられないものの、酸素の一過的な上昇の後、根が伸長をはじめた。非破壊酸素イメージングにより、酸素の一過的な上昇が種子根の伸長に必要なことが示唆された。

P-13

表層土壌におけるヒノキ細根の月別脱落根量

吉田 巖^{1*}・土居龍成¹・和田竜征¹・谷川東子²・平野恭弘¹¹名古屋大学大学院環境学研究科・²名古屋大学大学院生命農学研究科

(*yoshida.gen@j.mbox.nagoya-u.ac.jp)

森林では樹木の細根が枯死し分解されることで炭素が土壌中に供給されたり大気中に放出されたりする。細根の純一次生産量への寄与率を解明するため枯死根量がミニライゾトロン法などにより調べられている。枯死根には脱落直後の脱落根とその後分解の進んだ腐植根があると想定されるが、これまで両者は同じ枯死根として扱われており、実際に枯死した根を枯死根量とすると過大評価となる。本研究ではヒノキ細根について、1ヶ月ごとに脱落根を採取することで月別脱落根量を明らかにすることを目的とした。これにより根から土壌への初期炭素供給過程がより明らかにされることが期待される。

調査は愛知県岡崎市の117年生ヒノキ林(幸田)で行った。2018年8月に表層土壌より3次根までの無傷細根系をヒノキ5個体から60根系掘り取り、それらをヒノキ個体から切断せずに遠沈管に挿入し現地培養を1年間行った。培地にはガラスビーズ、培養液には林内雨を用いた。培養した根系は毎月培地と培養液を入れ替え、同時に培地に蓄積した脱落根の採取を行った。採取した脱落根は全て次数別(1次根については根端の有無でさらに分類)に分類しスキャンおよび乾重測定を行い、脱落根の次数別個数および乾重を月別に算出した。その結果、1次根の脱落根数および乾重は冬と夏に多く、春に少ない傾向が見られた。2次根の脱落根数は夏に多い傾向が見られた。本発表ではこれらの要因について考察する。

P-14

ジベレリンによる根の成長制御 (Review) ～ジベレリン合成阻害剤から GID1 受容体まで～

谷本英一

名古屋市立大学名誉教授

(tanimoto.e@re.commu.nagoya-u.ac.jp)

○背景: Q: 茎の伸長ホルモンとして発見されたジベレリン (GA) は、なぜ根の伸長を促進しないのか?

根は、別の植物ホルモン・オーキシンに対しては、茎よりはるかに敏感で、茎の 1/1000 濃度で高濃度阻害を受ける。

∴根の GA 応答も、低濃度域での調査が必要ではないか? また、内生 GA レベルと感受性の考察が必要では?

○手段 1: 内生 GA レベルを下げるため、GA 合成阻害剤 (CCC, AMO-1618, Ancymidol (Ancy)) を活用。

GA 合成抑制下でレタス、エンドウなどの根と茎の GA 依存成長を解析 (Tanimoto1987, 1988, 1994)。

手段 2: 茎と根の GA 感受性の違いと、GA 受容体との関係調査のため、Arabidopsis (アラビ) の変異体 (GID1_a, _b, _c) の GA 応答を比較 (GID1 の発見者・名大・上口美弥子、松岡信両先生と共同研究 2008～2018)。

◎結果 1: Ancy 存在下で GA は根の伸長を低濃度で促進する。濃度依存曲線は、オーキシンとは異なり飽和型である。

根の GA 感受性は、茎より 3 桁ほど高く、1～10 ナノモルから伸長応答する (茎はマイクロモルレベル)。

結果 2: アラビの GID1_a, GID1_b, GID1_c のうち、GID1_b 欠損株は、低濃度での GA 応答が悪くなる。

結果 3: アラビの GID1_b は GA 結合力が強く、根で多量に発現している。

◎結論: 根は GID1_b を多量に作り、茎が伸長しない低濃度の GA で伸長できる。

これが、「低温期に茎を伸ばさず根を張る」ロゼット植物の成長制御特性の一要因と考えられる。

P-15

連続薄切片による 3D イメージの構築

仁木輝緒*・斉藤進・幹康

ミキ音響イメージプロセッシング部門

(*teruo-niki@hb.tp1.jp)

薄切片を用いた 3 次元像の構築は形態観察において、重要なツールである。演者らはこれまで薄切片法の開発、薄切片による 3 次元像の構築を試みてきた。ここに連続薄切片による 3D イメージの構築法を完成させたので報告する。

材料としてテオシント根先端部位を用い、ホルマリンで固定した。洗浄・脱水後テクノビット 7100 樹脂に包埋し、1 μm 厚横断・縦断の連続切片を作成した。各切片は RNA 分解酵素で処理し、トルイジンブルー染色し、個々の細胞の形状・位置を特定できる高精細画像を得た (Niki et al., 2019)。画像の位置合わせ、各細胞の色付けなどを行い、得た 80 枚の画像を重ね合わせ 3 次元体 (3D Cuboid) を作成した。

作成された 3 次元体から任意方向の縦断面像・縦断面像を得ることができた。また、要素抽出によって組織構造体の 3D 像を作成することが可能で、切片の組織・細胞の色付けにより、根先端部の構造を明らかにできた。同一試料の横断面像、縦断面像、3D 像の実現は、組織細胞形態を観察する上で有益な方法となると思われる。

P-16

二周波同時探査レーダを用いたクロマツ根系の検出

平野恭弘^{1*}・谷川東子²・藤堂千景^{1,3}・山瀬敬太郎³・土居龍成¹・吉田巖¹・西村滯¹・澤志萌⁴・池野英利⁴¹名古屋大環境・²名古屋大生命農学・³兵庫県農林技総セ・⁴兵庫県立大環境人間

(*yhirano@nagoya-u.jp)

樹木根系を非破壊で検出するために、物理電磁探査である地中レーダを用いた手法が提案されている。地中レーダは一般に単一周波数のアンテナを持ち、探査する対象物の深さや大きさにより、用いる周波数が決められている。樹木根への応用では、深さ 0-30 cm 程度の浅い層には 900 MHz から 1500 MHz の周波数アンテナを用いて直径 5 mm 程度までの根を、深さ 1 m 程度の深い層には 400 MHz から 900 MHz を用いて直径 1 cm 程度までの根の検出が行われてきた。しかし温帯の樹木の最大深さである 2 m から 4 m 程度までは、その深さに存在する根の数が少ないこともあり、これまでほとんどレーダ探査の対象とはされてこなかった。一方で樹木の根返りや倒木の耐性を評価するためには、どのくらいの深さまで根が発達しているのか?を知ることは極めて重要である。本研究では、2 m から 4 m とした深い層の根の検出を試みることを目的とし、近年実用化された二周波 (300 MHz と 800 MHz) アンテナ同時探査の地中レーダを用いて、海岸に生育するクロマツ成木について同心円状測線下の根系探査を行った。その結果、深さ 50 cm 程度までは数多くの根と想定されるレーダ反射波形が確認された。それ以上は、数は少なくなるものの、最大深さ 3 m 20 cm 付近まで根と想定されるレーダ反射波形が確認された。本探査結果は二周波同時探査レーダによる温帯樹木根の最大深検出の可能性を示唆するかもしれない。

P-17

オタネニンジン¹の生育と土壌化学性との関連並びに菌根菌共生による機能性成分変動上原想生^{1*}・松原陽一²・生澤俊朗³¹岐阜大院自然科学技術研究科・²岐阜大応用生物科学部・³(株)朝日生薬

(*y4522008@edu.gifu-u.ac.jp)

オタネニンジン (*Panax ginseng* C. A. Meyer) は長期栽培期間を要し、生物・化学的因子を伴う忌地症状が発生する。しかし、それらの発生因子については不明な点が多く、薬効成分の安定化を含めた総合的植物生育改善法の確立が求められている。本研究では、実験1としてオタネニンジン栽培圃土壌の化学性を、レタス実生を用いた *in vitro* バイオアッセイ及び土壌化学成分分析 (無機成分, pH, LC-MS 分析) から評価した。その結果、栽培年数4~6年目区の土壌抽出液では、栽培年数1年目区よりレタス根長及び地下部乾物重が有意に抑制され、土壌抽出液のpH及び無機成分含量とそれらの間に一貫した相関はみられなかった。土壌抽出液のLC-MS分析では、長期栽培土壌で特有の極性の高いピークが現れた。これらのことから、長期栽培圃場土における化学的生育阻害因子の存在が示唆された。また、実験2としてアーバスキュラー菌根菌共生がオタネニンジン¹の成長及び機能性成分含量に及ぼす影響について調査した。その結果、オタネニンジン地上部・地下部乾物重及び主根中の機能性成分 (総ポリフェノール, ジンセノサイド Rb₁・Rg₁) 含量は菌根菌区で対照区より有意に増加した。以上のことから、オタネニンジンにおける菌根菌共生により、植物体成長促進及び機能性二次代謝成分増大の可能性が示唆された。

P-18

湛水処理が普通ソバと宿根ソバの生理形態的形質に及ぼす影響

村上隼・神山拓也*

宇都宮大学農学部

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

ソバ属の耐湿性の強弱や耐湿性に関与する形質を調べるために、湛水処理が普通ソバ (*Fagopyrum esculenta* Moench) と宿根ソバ (*F. cymosum* Meisn.) の生理形態的形質に及ぼす影響について調べた。普通ソバ5品種 (鹿屋在来, キタワセソバ, しなの夏そば, にじゆたか, パーパル) と宿根ソバを50 ml 遠沈管で18日間栽培した。全ての個体の第1本葉が完全展開した後、1週間の間、湛水処理区は地上水位2 cmを保ち、対照区は適宜灌水した。処理期間中に気孔開度および葉温を測定し、サンプリング後、地上部乾物重および根長を測定した。地上部乾物重、根長および気孔開度には品種・種と処理の有意な交互作用が認められた。そこで、品種・種ごとに処理の影響を調べた結果、地上部乾物重についてはパーパルと宿根ソバ、根長についてはパーパル、気孔開度については宿根ソバで処理による有意な影響が認められず、それぞれの形質について普通ソバの他品種では有意な差が認められた。また、気孔開度と葉温には有意な負の相関関係が認められた。そして、処理期間を通じて、普通ソバ5品種の湛水処理区の葉温は対照区に比べ高かった。一方、宿根ソバの葉温には処理間で差が認められなかった。以上より、宿根ソバは湛水条件下でも気孔開度を維持することで生育を保っていた可能性が示唆された。また、処理区の宿根ソバの胚軸にのみ二次通气組織様の形態が観察されたため、現在調査中である。

P-19

マツの根の解剖学的構造と呼吸量

檀浦正子*・辻祥子

京都大学地球環境学堂

(* dannoura@kais.kyoto-u.ac.jp)

植物の根は光合成産物を地下に輸送し、呼吸により二酸化炭素を放出する。樹木根における師部は、光合成産物輸送の重要な器官であり、森林炭素循環研究においても重要な部分であるが、草本に比べ、その知見は限られている。そこで、本研究では、フランスカイガンショウ (*Pinus pinaster*) の粗根を対象に、顕微鏡切片を作成し、師部・木部柔細胞・形成層の占める割合を計測した。また呼吸量と比較し、根の生きている細胞との関係を明らかにすることを試みた。

師部の厚さは根の直径が大きくなるほど厚かった。しかし師部のうち生きていると考えられる面積は 45%程度であった。直径が大きくなるほど生きている師部の割合は小さくなり、平均で根断面積の 10%程度であった。また、木部における柔細胞は根断面積の 5.8%、形成層は 0.86%を占めており、生きている細胞としては師部がもっとも重要であった。また、重量あたりの根呼吸量は、生きている師部の占める割合と相関があった。呼吸量を説明するためには生きている細胞の量や役割を評価することが大切だと考えられる。

P-20

テンサイ欠株による隣接株の補償作用に地上部と地下部はおおむね等しく関与する

辻博之

農研機構・北農研

(tuzihiro@affrc.go.jp)

テンサイ直播栽培では欠株の発生が収量の安定化を妨げている。しかし、作物は隣接株に欠株があると、個体間の干渉が減り、光や養分の獲得が増えるため生育が促進され、欠株による減収は周辺株の増大によって補償される。欠株と周辺株による保証のメカニズムを明らかにすることは、テンサイ直播栽培法の最適化をはかるうえで重要と考えられる。本研究ではテンサイ欠株が隣接株の補償作用に及ぼす影響を、地上部と地下部の寄与を分けて比較・検討し、個体間の競合・干渉作用の低減による根系・根圏の拡大がテンサイの収量に及ぼす影響を検討した。

テンサイ (品種「カーベ 2K314」) は条間 60 cm、株間 22 cm で 2018 年 4 月 28 日に播種し、無制限区 (無処理)、根制限区 (22 cm おきに 60 cm × 30 cm の板を埋設)、地上部制限区 (22 cm おきに 60 cm × 40 cm のメッシュで地上部を仕切り) を設けた。また、出芽後双方に無欠株区と欠株区 (2 株おきに欠株) を設けた。10 月 10 日テンサイを収穫し、根重と根中糖分を調査し、乗じて 1 根中の糖分収量を求めた。

無欠株区の 1 根中糖分収量の無制限区比は根制限区で約 96%、地上部制限区では 101%であった。無制限の場合、1 根中の糖分収量は無欠株区に比べて欠株区で 34%増加した。地上部制限区では、1 根中の糖分収量は無欠株区に比べて欠株区で 23%増加した。根制限区では、1 根中の糖分収量は無欠株区に比べて欠株区で 30%増加した。また、これらの値は無制限・無欠株区の 125%であった。以上の結果から、欠株がある場合、隣の株は本来あるべき株の領域の光や養水分を利用し個体の収量をそれぞれ増やすと考えられた。根制限区の補償効果を地上部の関与による補償作用、地上部制限区の補償効果を根による補償作用とすると、テンサイにおける欠株による収量補償作用は、地上部の拡大と根系・根圏の拡大がおおむね等しく関与すると考えられた。

P-21

コアサンプリング法およびイングロースコア法を用いた実圃場のイネ根量推定の試み

田島亮介*・那波多目健太

東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター

(*tazy@tohoku.ac.jp)

実規模圃場において、作物根量を評価する方法として地下部の一部を採取して現存量を評価するコアサンプリング法や一定期間の根の発生量を評価するイングロースコア法がある。いずれの方法も採取量が少なく、作物の近傍/株間等の採取地点によって、根量評価に差異が生じる可能性がある。そこで本研究はコアサンプリング法とイングロースコア法を用いて実圃場において作物の近傍や株間の複数地点から採取した根のデータを用いて根量を推定することを試みた。試験はフィールドセンター内の水田 6 枚 (ケイ酸施用/無施用各 3 枚) に試験区を設定しておこなった。根の採取は、作物の生育に応じて、コアサンプリング法とイングロースコア法を用いておこなった。それぞれの方法で各採取時期に株からの距離別に 3 地点採取して根を洗い出して根重を測定した。加えて、各時期の節根数も測定した。その結果、3 地点から採取した根重は株からの距離が離れるほど小さくなった。これら 3 地点のデータをそれぞれ単独で用いると、根重の評価が大きく異なることになる。これよりも 3 地点の根重の相加平均、相乗平均を用いて評価することで、より確からしい根重を推定できると考えられる。さらに 3 地点のデータに加えて節根数のデータを用いて、簡便な分布のモデルを構築してそのパラメータ推定により評価をおこなうと 3 地点の根重をよく説明できた。このような方法でさらに精確な推定が可能になると考えられる。

P-22

ヒノキ人工林における根現存量の空間的なばらつき

藤井黎^{1*}・大橋瑞江²・大澤晃¹・檀浦正子¹¹京都大学大学院農学研究科・²兵庫県立大学環境人間学部

(*fujii.rei.75u@st.kyoto-u.ac.jp)

樹木根の現存量を把握することは森林生態系の炭素循環を理解するうえで重要であるが、生態系内の分布のばらつきに関する情報は不足しており、また測定方法が十分に確立しているとはいえない。本研究では、温帯ヒノキ林における根現存量の空間的なばらつきとその制御要因を解明し、林分代表値の推定精度を向上させることを目的とした。調査は滋賀県大津市内のヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 人工林にて行なった。2018 年 9 月に 50 m × 25 m プロットから無作為抽出した 100 地点にて内径約 3.5 cm の土壌コアを採取した。土壌コアは有機物層表面から 0–10 cm, 10–20 cm の深さとし、樹木根を生死で分けた後、さらに直径 2 mm を基準に細根と粗根に選り分けて乾燥重量を測定した。また採取位置の土壌の有機物層の深さと体積含水率、および立木位置を計測した。20 cm 深の細根現存量は場所により約 20 倍の開きがあり、深層および粗根でばらつきが大きかった。細根では現存量と枯死量の間に正の相関が見られたことから、両者の空間変動は類似していたと言える。さらに立木位置および含水率の、根現存量および枯死量の空間変動に対する影響が認められた。

P-23

長野県飯綱高原のカラマツ林における土壌呼吸速度の構成要素の分離

藤本稜真^{1*}・田村梓¹・栗林正俊²・牧田直樹¹¹信州大学理学部・²長野県環境保全研究所

(*16s6018a@shinshu-u.ac.jp)

土壌呼吸は、独立栄養呼吸と従属栄養呼吸の総和であり、これらの呼吸の温度応答性は異なることが報告されている。本研究は、長野県飯綱高原カラマツ林において、土壌中の細根、菌根菌糸、微生物の呼吸速度の寄与、およびそれぞれの呼吸の土壌温度や含水率への応答性の解明を目的とした。研究サイト内に、深さやメッシュサイズが異なる4タイプのソイルカラー(①全ての呼吸者が含まれる区、②細根、菌糸、微生物を含む区、③菌糸、微生物を含む区、④微生物のみ含む区)を設置した。2019年5月の展葉開始から月に2.3回の頻度でCO₂分析器(GMP343)を用いて呼吸速度と土壌環境要因を測定した。すべての測定点を集約した結果、4タイプのソイルカラーの呼吸速度は、土壌温度の増加と共に高くなる関係が見られた。温度感受性の指標であるQ₁₀は、根系、菌糸を含むソイルカラー(②、③)がその他のソイルカラーよりも高い値となった。理由としてコントロール区である除外なしのソイルカラー(①)と微生物のみを含むソイルカラー(④)に比べて内部の呼吸者における独立栄養呼吸者の割合が大きく、温度変化に特に敏感な反応を示したと考えられる。

P-24

スキャナ法を用いた温帯混交林における樹木根フェノロジーの評価

桑辺七穂*・趙星一・大橋瑞江

兵庫県立大学院環境人間学研究科

(*nd19x005@stshse.u-hyogo.ac.jp)

樹木細根の動態は、地温や含水率などの環境変化の影響をしばしば受けることが知られている。さらに、近年では樹木タイプによって環境変化に対する応答が異なることが示唆されている。このようなフェノロジー特性を理解することは、気候変動に対する生態系の物質循環の変化を明らかにする上で重要である。しかし、複数種が混在する林全体としてのフェノロジーパターンはほとんど理解されていない。加えて、暖温帯における細根フェノロジー研究も少なく、未解明な部分が多い。そこで、本研究は、温帯混交林における2年分の細根フェノロジーを評価することを目的とした。調査は兵庫県姫路市に位置する落葉樹と常緑樹が混在する混合林で行った。スキャナ画像の取得は、4地点で月1回の頻度で2年間行った。

結果から、同じ林分であっても地点が異なると見られる成長枯死のパターンが異なることが明らかになった。これは観察地点周辺の種の特性を反映しているのではないかと考えられる。また、同観察地点であっても1年目と2年目では得られるフェノロジーパターンは異なっていた。この違いについては、地温と降水量といった周辺環境データと関係性を考察した。

P-25

塩ストレス下で生育したカラマツ属 3 種の葉内養分と地下部形質の関係性

菅井徹人^{1*}・矢原ひかり²・牧田直樹²・渡部敏裕¹¹北大院農・²信州大理学部

(*tsugai@for.agr.hokudai.ac.jp)

世界に広がる塩類集積土壌の一つとして黒竜江省をはじめとする中国東北部の内陸域が知られている。これらの劣化土壌環境では、中国東北部の原産種であるグイマツによる再造林への期待が高まっている。塩類土壌での環境造林に向け、グイマツの塩ストレス応答に関する生理生態特性の解明は重要な課題であり、また世界的な造林種であるカラマツ属の育種基盤拡充に寄与することも期待される。従来のカラマツ属における研究では、塩ストレス条件下でも葉のカリウム (K) 濃度が恒常的に保たれることが報告されたが、その詳細なメカニズムは未だに解明されていない。

本研究では、塩ストレス下における葉内養分の動態に関連する形質を、根系の種間比較から検討した。試験では、グイマツ (*Larix gmelinii* var. *japonica*) とカラマツ (*L. kaempferi*)、またそれらの交雑種であるグイマツ雑種 F₁ (*L. gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*) を対象とし、ビニル温室で塩ストレス実験を行った。2 年性苗木を 4L ポットに移植し、2 日に一度、NaCl 水を付加した。掘り取った苗木の葉は ICP-MS によって元素分析に供した。根系はスキャンした後、画像解析を行った。また、地際付近の解剖切片を作成し、木部構造の観察を試みた。

葉重あたりのナトリウム (Na) 濃度はグイマツで高く、カラマツで低かった。また Na 濃度の増加に伴う K 濃度の低下割合はグイマツで低かった。発表では、主に塩ストレス下の葉内養分動態と、根系形態応答の関係性について議論したい。

P-26

サラダスピナーを用いた水稻根系の新鮮重測定法の効率性の検証

吉野ひなき・亀岡笑*

酪農学園大学農食環境学群

(*kameoka@rakuno.ac.jp)

ポット栽培試験は植物の水分吸収評価に有効な試験系であり、重量法によって植物の水分吸収量が評価される。重量法に基づく植物体の正確な水分吸収量の評価には、全体重量に占める茎葉部ならびに根系新鮮重の評価が不可欠である。茎葉部の新鮮重は、地際で刈り取りをしてそのまま容易に測定することができるが、根系は根を土から洗い出した後の根系表面の水分を十分に取り去る工程が、特に生育が進み複雑化した場合に難しく、これまでに根系新鮮重の測定方法に関する知見はほとんどなかった。亀岡・鈴木 (2018) は、機器を低価格で用意できて、学生が大人で同時測定しても個人差が生じにくく、比較的身体的負担が少ない水稻根系の新鮮重測定法を提案した。この提案法は、1) 測定機器とするサラダスピナーを低価格で用意でき、2) 1 回転/秒と回転速度を定めることが容易であることから学生が大人で測定しても測定結果に個人差が出にくく、3) 測定にかかる身体的負担が少ないことから、目的要件を満たした測定方法だと評価された。しかし、実際の栽培試験に同提案法を採用した場合に、考案時には想定できなかった問題点が生じないか、測定人数を増やしたときに効率性が上がるか、などに関しては未検証である。本研究では、異なる灌水タイミングでポット栽培した水稻根系の新鮮重評価に同提案法を採用し、測定法の有効性について評価したのでその結果について報告する。

P-27

イチゴでの菌根菌共生による高温及び炭疽病への交差耐性並びにプロテオーム解析

長谷亘真^{1*}・松原陽一²・近藤俊文³¹岐阜大院自然科学技術研究科・²岐阜大応用生物科学部・³岐阜農技セ

(*x4522029@edu.gifu-u.ac.jp)

イチゴ促成栽培の苗養成期においては、夏期高温下での生育不良が高温障害として現れる場合があり、さらに、生育不良は重要病害である炭疽病の発病を増加させることも課題となっている。また、高設栽培での作期拡大を図る場合、高温期における短期間の苗養成を確保する必要がある、高温及び病害に対する総合的植物生育改善法が必要とされている。本研究では、高温期の苗養成管理技術として、イチゴ‘美濃娘’及び‘とちおとめ’における菌根菌共生苗での高温下生育及び炭疽病耐性に関する調査を行った。菌根菌をイチゴ‘美濃娘’及び‘とちおとめ’に接種し、夏期ハウス内にて約8週間苗養成を行った。また、‘とちおとめ’では人工気象器内の高温条件下(40/30°C, RH70%)で1週間育苗を行った後、炭疽病菌を噴霧接種して発病調査を行った。その結果、両品種において菌根菌区で地上部及び地下部乾物重の増加が確認された。また、炭疽病発病率・発病程度の低下、抗酸化機能(SOD活性, DPPHラジカル捕捉能等)の増大がみられた。一方、プロテオーム解析では、菌根菌区で低分子量域のスポット発現が増大しており、さらに、高温下での菌根菌共生特異的スポット発現が確認された。以上のことから、イチゴにおいて、菌根菌共生による高温及び炭疽病耐性が交差的に向上していることが示唆された。

P-28

水稲の初冬直播き栽培における出芽率低下要因の解明—種子含水率と土壤病害菌に着目して—

及川聡子^{1*}・藤晋一²・西政佳³・由比進³・鈴木健策³・松波麻耶³・下野裕之³¹岩手大学大学院連合農学研究科・²秋田県立大学生物資源科学部・³岩手大学農学部

(*u0117002@iwate-u.ac.jp)

演者らは、寒冷地における水稲栽培の省力・低コスト化と作期分散を目的に、作付前年初冬の乾田に播種を行う「初冬直播き栽培」の実用化を目指している。本栽培では、越冬後出芽率が5%と著しく低いことが問題であったが(下野ら2012)、演者らは種子表面に鉄や種子消毒剤「キヒゲン」(有効成分:チウラム)をコーティングすることで出芽率を24%以上に向上させた(及川ら2019)。しかし、出芽率が低下する要因についてはまだ明らかにされていないため、本研究では、越冬期間中の種子含水率と土壤病害菌(*Pythium sp.*)に着目し解析した。岩手県滝沢市の水田に初冬直播きした種子(無処理および初冬鉄コーティング)を1週間おきに掘り取り、含水率測定と発芽試験に供した。播種4週間目までの発芽率は無処理が鉄に比べて同程度かやや高く、それ以降は著しく低下する傾向がみられた。越冬中の種子含水率には無処理と鉄で差は認められず、その影響は小さいことが示唆された。土壤病害菌について、*Pythium*汚染土壌に種子5条件(無処理, 鉄(コーティング比:1倍, 1/2倍), 次亜塩素酸ナトリウム滅菌, キヒゲン)を播き、恒温器(15°C/40日間)で培養した。鉄とキヒゲンでは*Pythium*の発生が抑制され、加えて種子根長が他処理区に比べ長かった。

P-29

スギ細根の成長の初期変化

趙星一 *・桑辺七穂・大橋瑞江

兵庫県立大学環境人間学研究科

(*nd19q011@stshse.u-hyogo.ac.jp)

スギ (*Cryptomeria japonica*) は日本で最も多く植林される固有種である。樹木の根は森林生態系において様々な機能を持つと考えられているが、土壌中の根が見えにくいいため、不明点が多く残されている。本研究では、近年注目されているスキャナー法を用いてスギ林細根の初期成長変化を示すことを目的とした。調査地は兵庫県神戸市の六甲山のスギ人工林とした。2017年4月から2018年3月まで、一年間取得した一ヶ所の画像を画像処理ソフト Gimp と ImageJ を用いて解析した。その後、winrhizo を用いて細根の1次根とそれ以上の根を分析し、長さ (Length cm)、表面積 (Surface area cm²)、根平均直径 (AvgDiam mm) を取得した。

2次根以上については、多くの細根が8月から急速に成長し、10月からはあまり変化しなかった。1次根は8月に急速に増えた。1次根の初期の長さの変化は月に0.36 cm~3.99 cmであった。

P-30

乗鞍岳標高傾度に対する樹木細根呼吸速度と形態特性の応答

岡本瑞輝 *・高橋耕一・牧田直樹

信州大学理学部

(*okamonn77@gmail.com)

直径2 mm以下の根と定義される細根は光合成による炭素を用い、養水分吸収を行うための細根を発達させる。その際、細根の駆動力として炭素が使われ、根呼吸として放出される。山岳標高傾度の増加に伴う温度低下や土壌栄養の変化に対して、細根は根機能を適応させると考えられる。本研究では長野県乗鞍岳 (3026 m a.s.l.) において植生分布が異なるシラカバ、ダケカンバ、シラビソ、オオシラビソの標高傾度に沿った樹木細根の根呼吸速度と根形態特性の応答を明らかにすることを目的とした。各調査地 (1450, 1600, 2000, 2300, 2500 m) において細根呼吸速度と比根長と根組織密度を2018年・2019年夏季に調査した。対象根系は平均直径が0.5 mm以下、0.5~1.0 mm、1.0~2.0 mmの3階級に分けて採取を行った。シラカンバは標高傾度の増加に対して根呼吸速度の応答は見られなかった。比根長は全ての直径階級で増加が見られ根組織密度は0.5 mm以下の根で減少した。ダケカンバは標高傾度の増加に伴って根呼吸速度は0.5 mm以下の根と1.0~2.0 mmの根で増加した。比根長と根組織密度は0.5 mm以下の根で減少した。シラビソは標高傾度の増加に対して0.5 mm以下の根と1.0~2.0 mmの根で増加した。比根長と根組織密度は0.5~1.0 mmの根で減少した。オオシラビソは標高傾度の増加に対して根呼吸速度が0.5~1.0 mmの根で減少した。比根長は0.5 mm以上の根全てで減少し、根組織密度は0.5~1.0 mmの根で減少した。今回の結果から樹種によって標高傾度に対する樹種の応答の仕方は異なることが考えられる。シラカンバは標高傾度の増加に対して生理活性を変えないが、養水分吸収に適した細根形態を発達させた。ダケカンバは標高傾度の増加に伴う形態の栄養吸収能力の低下に対して生理活性を向上させることで補償することが考えられた。

シラビソは標高傾度の増加に対して吸収能力の高い末端に近い根の生理活性を向上させる一方、輸送能力の高い根の形態を発達させた。オオシラビソは標高傾度の増加に伴い輸送機能の高い根を発達させることが根呼吸速度と形態特性から示された。

P-31

オーキシシンによってイネの側根数を変化させると塩吸収に影響はあるのか

中村奈緒人^{1*}・仲田麻奈²・山内章¹・三屋史朗¹¹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研究センター

(*nakamura.naoto@i.mbox.nagoya-u.ac.jp)

塩ストレスを引き起こす要因の一つである Na や Cl は、その大部分が水とともに根のアポプラスト経路 (バイパスフロー) を通って非選択的に植物に吸収される。一方、内皮に存在するカスパリー線はアポプラスト経路を遮断して、塩の非選択的な吸収を抑えている。しかし、主軸根のカスパリー線の連続性は側根の発生によって破壊される。そのため、側根は、塩が主軸根の導管に流入するための入口となる可能性がある。そこで本研究では、オーキシシン処理によって側根数を変化させ、側根数および側根密度とバイパスフロー割合および塩吸収量にどのような影響があるか明らかにした。本研究では、塩感受性イネ品種 IR29、耐塩性品種 Larome を供試した。催芽したイネを、インドール-3-酪酸 (IBA) 濃度を 0, 0.01, 0.05 μM に調整した水耕液で 2 週間栽培した。バイパスフロー割合は、アポプラストトレーサーである PTS を加えた水耕液で 6 時間処理した後に、吸収された PTS 量と蒸散量から推定した。また、側根数は画像解析ソフト WinRHIZO を用いて測定した。いずれの品種も、0.05 μM オーキシシン処理で側根数が減少し、側根密度は増加した。IR29 では、側根数および側根密度とバイパスフロー割合、塩吸収量との間には相関関係が認められなかった。一方 Larome では、側根数、側根密度とバイパスフロー割合に相関は見られなかったが、側根密度と塩吸収量に正の相関が見られた。

P-32

ヒノキ 2 林分の表層土壌における細根の 1 年間の成長量

西村滯^{1*}・土居龍成¹・吉田巖¹・和田竜征¹・谷川東子²・平野恭弘¹¹名古屋大学大学院環境学研究所・²名古屋大学大学院生命農学研究科

(*nishimura.rei@a.mbox.nagoya-u.ac.jp)

樹木根のうち直径 2 mm 以下の細根と呼ばれる器官は、地下部の炭素循環において主要な要素であると同時に、様々な土壌環境の変化に対して敏感に反応する。本研究では日本の主要な人工林樹種であるヒノキを対象とし、異なる土壌酸緩衝能に生育し、細根形態が著しく異なることが明らかにされている 2 林分 (幸田・三ヶ日) において、細根の一年間の成長量にも違いがあるのかを明らかにすることを目的とした。

10 m \times 10 m のプロット内におよそ 2 m 間隔で、根を取り除いた現地土壌で満たしたイングロースコアを 2016 年に 16 個設置し、1 年後に 8 個を掘り取り、今回の解析に供した。採取したコア内で生産された細根量を調べ年間の成長量とした。林分間で細根の成長量と形態を比較するため、生産された細根を直径階級別に分類し、乾燥重量を測定した。分類した細根はスキャンし、画像解析ソフトを用いて長さを計測し、重量と合わせて比根長を算出した。また、解析の際は表層 (0-10 cm) と深層 (10-20 cm) に分けることで深さによる生産量の違いも調べた。

その結果、三ヶ日では幸田に比べて表層の 0.5 mm 以下の根直径分布がより太い直径に偏る傾向が認められた。本発表では 2 林分間の細根成長量の平均重量、平均根長と形態の違いについて、土壌化学特性と比較しながら考察する。

P-33

ヒノキ樹幹からの水平距離に応じた細根系の次数形態特性

土居龍成^{1*}・谷川東子²・吉田巖¹・西村濤¹・平野恭弘¹¹名古屋大学大学院環境学研究科・²名古屋大学大学院生命農学研究科

(*doi.ryuusei@e.mbox.nagoya-u.ac.jp)

樹木細根 (直径 2 mm 以下の根) は土壤中の養水分を吸収する機能を持つ吸収根とそれを輸送する機能を持つ輸送根に分けられる。分岐位置を考慮した次数分類 (末端根を 1 次根) を用いた研究の多くは 1~3 次根の低次根を吸収根としている。細根は樹幹から離れるほど吸収した養分を輸送するための輸送根を発達させる必要があるため、樹幹から離れた地点の細根系は低次根でも輸送機能の高い根である可能性がある。そこで本研究の目的は樹幹からの水平距離に応じてヒノキ細根系の形態が変動しているかを明らかにすることとした。

愛知県の幸田モニタリングサイトにおいて、ヒノキ 3 個体の樹幹からの水平距離 1 m と 3 m の地点にて根端を傷つけない直径 2 mm 以下全体の細根系を採取した。細根系は 4 次根系のセグメントに分け、その次数分けを行った。各次数根の直径、根長、乾重を測定し、形態指標である比根長 Specific Root Length (SRL; 根長 (m)/乾重 (g)) を算出した。各次数根の直径、根長などの形態特性には樹幹からの水平距離で有意差は認められなかった。しかし、各距離における 1 次根と 2 次根の直径にヒノキ個体間で有意差が認められた。このことから低次根系の輸送と吸収機能の割合は、樹幹からの水平距離に応じてほとんど変動しないことが示唆された。

P-34

スキャナー画像の取得地点数が根の動態の時間変動パターン推定に与える影響評価

遠藤いず貴^{1*}・久米朋宣²・仲畑了³・大橋瑞江¹¹兵庫県立大学・²九州大学・³京都大学

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

スキャナー法は、地中にある根の動態を非破壊的に追跡する手法として、近年その利用が拡大しつつある。スキャナー法の利点として、従来のミニリゾトロン法に比べて広い面積 (A4 サイズ) で画像を取得できるため、より大きな根系の動態把握が可能である。一方で、多点で画像を取得すると画像解析に要する労力が大きくなってしまふ欠点がある。森林生態系といった根の空間分布が不均一な環境では、場所によってスキャナー画面に写り込む根の量が大きくばらつき、撮影画像数が少な過ぎると調査地の根の動態を説明するための代表値が得られない可能性がある。本研究では、スキャナー画像の取得地点の数が根の成長、分解等による消失、及びバイオマスの時間変動パターンの推定に与える影響を評価することで、効率的なサンプリングデザインを提示することを目的とする。マレーシアの熱帯雨林 5 地点で、1 地点あたり 2 面、1 年間、毎月 1 回の頻度で地下部のスキャナー画像を撮影した。画像から、成長または消失した根、バイオマスの投影面積を抽出した。全撮影面 (A4 × 10 面) から求まる成長、消失及びバイオマスの平均時間変化と、撮影面の数を 10 面から 1 面まで減らしていった場合の平均時間変化を比較し、スキャナー画像の取得地点数が根の動態の時間変動パターン推定に与える影響の評価を行う。

P-35

トドマツとハイマツでの標高傾度に対する地上部と地下部の反応の違い

伊藤拓生^{1*}・牧田直樹¹・小林真²¹信州大学理学部・²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

(*17s6002h@shinshu-u.ac.jp)

地球温暖化をはじめとした気候変動は、植物の生育条件を変化させる。この変化により、樹木の地上部と地下部の相互バランスが崩れ、その樹木の成長や生存に影響を与える可能性がある。本研究は、標高傾度に対する樹木の地上部と地下部の形質の反応の違いから、気温変化に対する植物全体の応答性を明らかにすることを目的とした。対象樹木は、標高による生息域の幅が異なる常緑針葉樹のトドマツとハイマツを用いた。調査地は、北海道大学中川研究林の標高 100 m サイトと 500 m サイトを利用し、サンプルの採取は常緑針葉樹の葉や細根の形質が成熟する 9 月初旬に行った。測定項目は、地上部では光獲得と耐ストレス性の指標となる比葉表面積 ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)、地下部では栄養塩獲得と耐ストレス性の指標となる比根長 (mg^{-1}) とした。葉は前年の葉シュート、根は先端根系を用いた。調査の結果、比葉表面積は両樹種ともに標高傾度による変化は見られなかった。一方、比根長において、トドマツは高標高より低標高の方が値が低くなったが、ハイマツは標高差が認められなかった。標高傾度にもなる気温の変化に対して、トドマツの形態は葉では変化させずに根を変化させ、ハイマツの形態は葉と根ともに一定の値を示した。これらの地上部と地下部の樹種差は、標高による生息域の幅が広いトドマツと、生息域が高山帯と限られているハイマツの生息環境への適応差から生じているものと示唆される。

P-36

乗鞍岳において標高勾配に対する根、葉の応答性に樹種間差はあるのか?

増本泰河^{*}・伊藤拓生・牧田直樹

信州大学理学部

(*17s6025g@shinshu-u.ac.jp)

山岳域に生育している樹木は強風や低温などの厳しい環境ストレスにさらされている。このような厳しい環境に通年葉をつける常緑樹と 1 年ごとに葉を落とす落葉樹といった性質の異なる樹木が存在している。これらの着葉期間が異なる樹木の地上部と地下部は環境ストレスに対してどのように応答しているのだろうか? 本研究は、山岳域における標高勾配に対する 2 樹種の細根と葉の応答性を明らかにすることを目的とした。調査は 2019 年 7 月に長野県の北アルプスに位置する乗鞍岳にて行った。対象樹種は落葉広葉樹-外生菌根であるダケカンバと常緑針葉樹-外生菌根であるオオシラビソの 2 樹種とし、標高 2000 m と 2500 m の 2 地点で直径 2 mm 以下の根系と当年葉を採取した。根・葉サンプルについて形態と化学特性を測定した。結果、標高の増加に対してダケカンバでは比根長 [m/g] が低くなる傾向を示し、比葉表面積 [cm^2/g] が有意に高くなった。一方、オオシラビソでは比根長が低くなる傾向を示し、比葉表面積が有意に低くなった。標高の増加に対する応答として両樹種ともに根を太くしたがダケカンバが葉を薄く、オオシラビソは葉を厚くした。この結果から、落葉広葉樹と常緑針葉樹の根と葉の形態の標高応答性に樹種間差があることが明らかとなった。本発表では形態の結果に加え、化学特性の測定結果も考慮し、さらに議論を深めていく予定である。

P-37

イネの初期生育に低濃度海水処理が及ぼす影響

横田佑哉¹・曾根千晴^{2*}・小川敦史²¹秋田県立大学生物資源科学研究科・²秋田県立大学生物資源科学部

(*ccsone@akita-pu.ac.jp)

近年、作物の栽培に海水が用いられる例が増えている。イネにおいても、海水を施用する栽培方法が雑誌等で紹介されているが、学術的な研究はほとんど行われていない。本研究では、土壌と海水処理時間を変えた時の低濃度海水がイネの初期生育に及ぼす影響を調査した。品種は、アジアイネの IR28, NABA, VANDARAN を供試した。育苗用セルにイネ育苗培土もしくは育苗培土の含有量と同量になるよう N, P, K を施肥したマサ土を充填し、播種直後よりそれぞれ 30 倍に希釈した海水に 1, 3, 5, 28 時間浸すことで処理を行った。処理終了後に海水から取り出した育苗用セルは、播種後 18 日まで水道水で湛水栽培した。NABA の地上部乾物重は、育苗培土区では 3 時間以上の処理区で減少する傾向が見られたのに対し、マサ土区では 3 時間処理区で対照区よりも有意に増加し、28 時間処理区で減少する傾向があった。NABA の地下部乾物重においても同様の傾向が見られた。VANDARAN では育苗培土区およびマサ土区の両方で地上部および地下部乾物重とも 28 時間処理区でのみ減少傾向が見られた。このように、播種直後のイネに非常に低濃度の海水を処理することで、地上部および地下部乾物重は影響を受けることが示された。しかし、その影響は品種および土壌によって異なった。今後低濃度海水処理の根への影響についてさらに詳しく調査する。

P-38

菌根および非菌根ダイズのリン吸収を決定する形質

神山拓也^{1*}・唐澤敏彦²¹宇都宮大学農学部・²農研機構中央研

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

リン施肥量削減に向け、リン吸収能の高いダイズ品種の育成が求められている。本研究では、アーバスキュラー菌根 (AM) 菌接種の有無の条件下で、根箱法を用いてダイズ 12 品種を栽培し、菌根および非菌根ダイズのリン吸収を決定する形質を明らかにすることを目的とした。地上部乾物重および根表面積には、品種と AM 菌接種処理の有意な交互作用が認められ、接種により有意に増加する品種から有意に減少する品種まで存在した。また、リン吸収量には接種による有意な影響が認められた。一方、接種区の AM 菌感染率に有意な品種間差は認められなかった。形質間の関係を調べると、接種区と非接種区のそれぞれで、リン吸収量と地上部乾物重との間に有意な正の相関関係が認められた。また、非接種区の根表面積とリン吸収量との間の決定係数は 0.675 と高く、有意な正の相関関係が認められた。接種区においても両形質間に有意な相関関係は認められたが、決定係数は 0.129 と小さかった。接種区においては、AM 菌感染根長とリン吸収量との決定係数が 0.569 と高く、AM 菌感染率と根表面積あたりのリン吸収量との決定係数は 0.679 であった。以上の結果から、品種に関わらず、非接種区のリン吸収量については根表面積で大部分を説明できるが、接種区のリン吸収量については根表面積のみではほとんど説明できず、AM 菌感染率を計測する必要があることが明らかとなった。

P-39

多樹種を対象とした樹木細根滲出速度の比較

暁麻衣子*・牧田直樹

信州大学理学部

(*m.akatsuki030@gmail.com)

植物は有機化合物を根から土壌へ放出する機能を持ち、土壌微生物へのプライミング効果や他の植物にアレロパシーとして影響を与えることで植物の生存に役立っている。地下部炭素循環を理解するためには樹木細根滲出物による炭素流入量を明らかにすることが必要である。樹木細根の炭素滲出量はさまざまな要因に制御されることが知られている。特に菌共生タイプの違いに着目した研究はいくつかあるが、統一的な見解は得られていない。本研究では根の菌共生タイプが異なる多樹種から滲出物を採取し、滲出炭素量の定量比較を行った。長野県伊那市にある信州大学附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター手良沢山演習林で夏期に調査を行った。各樹種につき5個体の成木を選び、土壌から無傷の細根系を露出させた。生きた根系の表面にガラスフィルターを接着させることで滲出物を吸着させた。CN分析器を使用してフィルターに含まれる炭素量を測り、1時間にどれだけの炭素が滲出したか、樹種ごとに比較した。滲出物を採取した根系の長さ、体積、表面積を根形態測定システムWinRHIZO Proで測定した。本発表では多樹種の根滲出速度について根特性のデータとともに考察する予定である。

P-40

イネにおける異形側根の発生制御機構の解析

河合翼^{1*}・高橋(野坂)美鈴²・高橋宏和¹・佐藤豊²・中園幹生¹・山内章¹・犬飼義明³¹名大・院生命農学・²遺伝研・³名大・農国センター

(*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。これまでに、主軸根の根端が傷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てきた。今回、異形側根原基間で発現変動する遺伝子を網羅的に同定するべく、イネ品種台中65号を用いて、根端切除12時間後のL型側根原基と同時期のS型側根原基をレーザーマイクロダイセクション法によりサンプリングし、RNA-seq解析を行った。その結果、異形側根原基間での発現変動遺伝子として1,400遺伝子を同定し、このうち259遺伝子ではS型に比べてL型側根原基で2倍以上の発現上昇がみられた。この遺伝子群にはオーキシン誘導性遺伝子が濃縮されており、また外生オーキシン処理によりL型側根の発生が誘導されたこと、オーキシン輸送および合成阻害剤の共処理によって根端切除処理によるL型側根の誘導が抑制されたことから、異形側根の発生制御機構にオーキシンが関与している可能性が示唆された。

P-41

長野県カラマツ林における細根とシュートの動態および色情報

田村梓^{1*}・小熊宏之²・藤本稜真¹・栗林正俊³・牧田直樹¹¹信州大学理学部・²国立環境研究所・³長野県環境保全研究所

(*16s6015f@shinshu-u.ac.jp)

植物の開花・展葉・落葉などの生物季節現象 (フェノロジー) の理解は、植物の機能や生産量、環境への適応を評価する上で重要である。シュートのフェノロジーは、気温が強い制御要因になる一方で、樹木細根 (直径<2 mm) については、伸長開始時期や伸長・枯死速度の季節変化が明確ではなく、制御要因の解明が立ち遅れている。本研究では、カラマツの細根とシュートのフェノロジーを捉えた連続画像を用い、シュートと細根の生産量と色の季節変化を明らかにし、樹木全体の季節への応答性を評価する。調査は長野県環境保全研究所飯綱庁舎のカラマツ林にて行った。シュートについては、展葉前から全天空写真の撮影を行い、画像から地表の単位面積に対して地上部が占める面積の割合である植物面積指数の算出及び、光合成活動と関係する緑色の割合を示す指標である緑色比の算出を行った。細根については、スキャナ法 (Dannoura et al., 2008. Plant Root) を用いて根系の連続画像を撮影し、伸長量を評価した。シュートの植物面積指数と緑色比は 5 月上旬の展葉に伴い値が増加した後、緑色比は減少を続けた一方で、植物面積指数は気温の上昇と共に増加を続け、8 月上旬にピークを迎えた後に減少した。細根は 8 月終わり頃から伸長量が大きく増加する結果となった。シュートの生産が細根に先行する理由として、夏期は光合成のためシュートへ炭素投資を行い、黄葉前には細根への投資を増加させる可能性が考えられる。

P-42

可視-近赤外分光反射率を用いた 20 樹種の樹木細根系の機能特性の予測

谷川夏子^{1*}・中路達郎²・小島実和¹・牧田直樹¹¹信州大学理学部・²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

(*tanikawa.nat@gmail.com)

本研究では、非破壊で多角的に測定できる分光反射率の技術を樹木細根研究に応用し、寿命や生理機能を表す根特性の分光反射率からの予測精度を調べることを目的とした。対象樹種は、冷温帯林における針葉樹 7 種と広葉樹 13 種の計 20 種とした。対象木から根系を辿り掘り、末端の根系を採取した。洗浄後、無傷な細根系を 3 直径階級 (0-0.5 mm, 0.5-1.0 mm, 1.0-2.0 mm) に分け、458-2391 nm (4.1-5.8 nm 刻み, 370 バンド) の連続分光反射画像をハイパースペクトルカメラで撮影した。その後、各直径階で形態 (平均直径, 比根長, 根組織密度), 化学 (炭素, 窒素濃度) および解剖 (中心柱/皮層割合) を測定した。分光データから根特性を予測するために、連続的な反射率データに対して適用できる多変量解析を応用した推定モデルとして部分最小二乗 (PLS) 回帰分析を行った。20 樹種の 3 直径階級のデータを用いて解析した結果、平均直径と比根長は高い精度で予測できた。また、根組織密度と窒素濃度の解析結果は、予測精度は高くなかったが実用性があると考えられる。一方で、炭素濃度に関しては十分な予測精度が得られなかった。PLS 回帰への波長ごとの影響を調べたところ、平均直径と比根長は広い波長帯が寄与しており、特徴的な波長はみられず、根組織密度は 730-1340 nm, 窒素濃度は 700-740 nm と 2130-2391 nm 付近の反射率の変化が大きく寄与していた。本研究から、分光反射率を用いて特定の根特性を実用性のある精度で予測できることが示唆された。

P-43

高木限界の樹木 4 種における細根の吸水および通水特性

矢原ひかり^{1*}・東若菜²・鎌倉真依³・高木優哉³・小杉緑子³・牧田直樹¹¹信州大学大学院総合理工学研究科・²神戸大学大学院農学研究科・³京都大学大学院農学研究科

(*hikari.yahara@gmail.com)

本研究は、樹木にとって水利用が厳しい環境である山岳域の高木限界に生育する樹木の細根を介した吸水および通水特性を解明することを目的とした。2018・2019年7-9月に長野県北アルプスに位置する乗鞍岳の高木限界である標高2500m付近に分布する落葉広葉樹のウラジロナナカマドとダケカンバおよび常緑針葉樹のオオシラビソとハイマツの直径2mm以下の細根系を土壌表層(0-20cm)から採取し、プレッシャーチャンバーを用いて細根の水分生理特性を評価した。吸水力の指標である日中水ポテンシャルはハイマツが相対的に低く、水の通しやすさを示す透水性はハイマツが有意に最も高かったことから、ハイマツの根は吸水力が高く水を通しやすい根であった。細胞が原形質分離を起こす時点の水ポテンシャルおよび相対含水率は、ダケカンバが最も低く、ダケカンバの根は失水に対してしおれにくい耐乾性のある根であった。貯水性はナナカマドが最も大きく、ナナカマドは貯水性を高めて失水を回避している可能性がある。以上より本研究で対象とした4樹種の細根は吸水および通水特性が異なり、高木限界に生育する4樹種は種特有の水利用戦略をもって生存していることが示唆された。

P-44

Zea nicaraguensis の乾燥耐性に関する生理学的解析鈴木大介^{1*}・Gong Fangping^{1,2}・高橋宏和¹・大森史恵³・間野吉郎³・中園幹生¹¹名古屋大学生命農学研究科・²河南農業大学・³農研機構・畜産研究部門

(*suzuki.daisuke@g.mbox.nagoya-u.ac.jp)

トウモロコシを含む多くの畑作物は耐湿性が低く、湿害を受けやすい。一方、イネなどの湿生植物は、湿害を防ぐための様々な耐湿性関連形質を持つ。例えば、地上部から取り込まれた酸素を効率よく運搬するための通り道となる通気組織や、酸素が根端に運ばれる際に根圏への漏出を抑制する酸素漏出 (radial oxygen loss; ROL) バリアがあげられる。通気組織は皮層の細胞死によって空隙が生じることで形成され、ROL バリアは根端を除く根の表層において形成されることで根端への効率的な酸素供給を可能とする。乾燥条件下で通気組織が形成されると皮層細胞数が減少し、細胞維持にかかるエネルギーを節約することが出来るため、根の伸長が維持されると考えられている。また、ROL バリアについては耐湿性以外の知見がないため本研究では、トウモロコシの自殖系統である Mi29 を遺伝的背景にニカラグアテオシント (*Zea nicaraguensis*) の染色体断片を導入した恒常的通気組織形成に関わる遺伝子座を含む染色体断片部分置換系統群 (Introgression Lines; ILs) と、恒常的通気組織形成に関わる遺伝子座と ROL バリア形成に関わる遺伝子座の両方を含む ILs を用い、両親である Mi29 とニカラグアテオシントとともに乾燥条件下で生理学的な解析を行った。また、別の実験として ROL バリア形成に関わる遺伝子座を含む準同質遺伝子系統 (Near Isogenic Line ; NIL) を用いて乾燥条件下での解析を行った。

P-45

***Zea nicaraguensis* の酸素漏出バリア形成制御遺伝子の解析**中山洋平^{1*}・渡邊宏太郎¹・黒川裕介¹・高橋宏和¹・井出健斗¹・高橋秀和²・大森史恵³・間野吉郎³・中園幹生¹¹名大院生命農・²福島大・農学群食農学類・³農研機構・畜産研究部門

(*youha1048@gmail.com)

トウモロコシを含む多くの畑作物は過剰な水に対する耐性が低く、湿害による影響を受けやすい。一方イネなどの湿生植物は、湿害を防ぐために様々な耐湿性関連形質を持つ。その1つに酸素漏出 (radial oxygen loss; ROL) バリアがあり、酸素が通気組織を通して根の基部から根端に運ばれる際に、酸素の根圏への流出を抑制する働きがある。トウモロコシ (*Zea mays* spp. *mays*) の近縁種であるニカラグアテオシント (*Zea nicaraguensis*) は耐湿性が高く、嫌気還元条件下で、根に ROL バリアを形成することが知られている。これまでの連鎖解析で、ニカラグアテオシントの第3染色体の232 kbの染色体領域に ROL バリア形成制御遺伝子座が座乗していることが推定された。そこで本研究ではトウモロコシ自殖系統 Mi29 を遺伝背景として、ニカラグアテオシントの ROL バリア形成制御遺伝子座を有する準同質遺伝子系統 (Near Isogenic Line; NIL) を作出し、ROL バリア形成能を評価した。また、ROL バリアが耐湿性向上へ寄与するのかどうかを検証するために、NIL を用いて耐湿性を検定した。その結果、NIL のもつニカラグアテオシント由来の染色体領域に ROL バリア形成制御遺伝子が存在することを確認するとともに、ROL バリアが湛水条件下における根の伸長に寄与することが示唆された。

P-46

***Zea nicaraguensis* の根における通気組織形成の制御機構の解明**寧佳陽^{1*}・Gong Fangping^{1,2}・高橋宏和¹・大森史恵³・間野吉郎³・中園幹生¹¹名古屋大学大学院生命農学研究科・²河南農業大学・³農研機構・畜産研究部門

(*ningjiayanglqy@gmail.com)

トウモロコシ (*Zea mays* spp. *mays*) などのイネ科作物では、土壌が過湿状態になると、根の皮層組織においてプログラム細胞死が起き、根端までの酸素の通り道となる通気組織が形成される。通気組織の形成によって、過湿土壌においても根端が酸欠にならずにすむことから、通気組織は重要な耐湿性形質であると考えられている。トウモロコシの通気組織は過湿条件下で誘導的に形成されるのに対して、トウモロコシの近縁種である *Zea nicaraguensis* は好気的な条件下でも恒常的に通気組織を形成できる。そこで本研究では、*Zea nicaraguensis* 由来の恒常的通気組織の形成制御機構の解明を目的として、トウモロコシ Mi29 の遺伝背景に *Zea nicaraguensis* が持つ通気組織形成能に関する主要な QTL (Qaer1.06-1.07) を導入した準同質遺伝子系統を作出した。さらに、大規模な戻し交雑集団を用いた詳細マッピングを行うためには精度が極めて高い検定が必要であることから、従来から進めている好気条件下での通気組織の評価に加えて、さらに嫌気条件下でも検定条件を検討している。現在のところ、新たに発根した 70 mm~90 mm の長さの節根 (第3節根) の 10 mm 毎の各部位における横断切片を作製し、ImageJ を用いて通気組織形成率を評価することで最も安定した結果が得られている。今後、この条件で詳細なマッピングを進めることによって、候補遺伝子を同定する予定である。

P-47

クロマツの滞水応答 —細根成長と蒸散の変化—

藤田早紀^{1*}・野口享太郎²・丹下健¹¹東京大学農学生命科学研究科・²森林総合研究所東北支所

(*sakifujita@fr.a.u-tokyo.ac.jp)

2011年の太平洋沖地震によって発生した津波により、東北地方の海岸林約3600haが被災した。被災海岸林の再生現場では、根の深さを確保するために、盛土造成による植栽基盤上にクロマツを植栽している。しかし、盛土造成時の重機走行により土壌の硬化に伴う透水性・排水性の低下が見られるようになり、一部の造成地では、滞水環境が苗木の生育に与える影響が懸念されている。そこで、本研究では、滞水環境がクロマツの根に及ぼす影響を明らかにするために、ポットに植栽した2年生のクロマツ苗木を用いた滞水処理試験を実施した。苗木は4月下旬に植栽し、7月中旬から10月上旬までの2.5カ月間、滞水処理を実施した。根の解析はイングロースコア法により行い、滞水処理が細根の成長と形態に与える影響を評価した。また、根の吸水機能を非破壊的に評価するために、ポットの重量減少を測定し、蒸散量を推定した。その結果、滞水処理区では、滞水期間中に細根がほとんど成長せず、根の黒色化や組織密度の低下が見られた。また、滞水処理区では蒸散量が著しく低下し、地上部では、緑葉の退色や枯死葉の増加が見られた。以上の結果は、滞水環境に置かれたクロマツでは、細根の成長が著しく抑制されるほか、根の一部は枯死していたことを示唆しており、これらによる根の機能低下が、蒸散量の低下や地上部の可視症状につながったと考えられる。

P-48

異なる光波長照射がコマツナとレタスの生育に及ぼす影響

藤田涼佑・小川敦史*

秋田県立大学生物資源科学部

(*111111@akita-pu.ac.jp)

植物の生育にとって光は重要な要因の1つである。照射する光の波長の違いによって生長や代謝産物に違いが生じることが近年の研究で明らかになりつつある。本研究では異なる波長の光照射が、根の生長も含めた植物の生長や代謝産物に与える影響について明らかにすることを目的とした。供試材料には、コマツナとレタスを用いた。450nmと660nmを照射した条件下(PPFD=293 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)で水耕栽培した処理区を対照区とし、PPFDを維持しながら両波長に395nm, 425nm, 525nm, 625nm, 730nmを混合した処理区を設定し、生長、イオン含有量、脂溶性ビタミン含有量を測定した。コマツナでは地上部と根の乾物重は対照区と比較して長波長になるほど大きくなったが、遠赤外線付近の波長である730nmでは生長が著しく阻害された。S/R比から730nmでは地上部より根の生育が阻害されていたことが示された。一方レタスは地上部と根の乾物重は対照区と比較して長波長になるほど大きくなった。コマツナでは、対照区と比較してカルシウムイオン含有量とビタミンD3とビタミンK1含有量が長波長処理で増加し、マンガンと亜鉛含有量が減少した。レタスでは、対照区と比較して亜鉛とマンガン含有量が短波長処理で、ビタミンD3とビタミンK1含有量が長波長処理で増加し、カルシウムとマグネシウム含有量とビタミンAとビタミンE含有量が長波長処理で減少した。これらの結果より、波長の違いだけでなく植物種の違いでも、光質が植物の生長や代謝成分に影響を与えることが明らかになった。

P-49

引き抜き抵抗によるサトウキビの根量推定の試み

阿部淳^{1*}・佐藤光徳²・黒木栄一²・西原悟²・瀬尾翔太¹・藤原航¹・田村泰章³・梅田周³・安達克樹³¹東海大学農学部・²鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場・³農研機構九州沖縄農業研究センター種子島研究拠点

(*abcjun@agri.u-tokai.ac.jp)

南西諸島でサトウキビが旺盛に生育する夏期には、干ばつや台風といった自然災害が起こりやすいため、根量が多く、土壌乾燥や強風によるころび倒伏への耐性が強い系統を作出することが望ましい。しかし、大型の作物であるサトウキビを対象に、島尻マージなどの粘土分の多い土壌で多数の系統について根量を調査することは多大な労力を要する。そこで、引き抜き抵抗により根量を評価することを試みた。2018年に徳之島支場(鹿児島県伊仙町)で、製糖用品種 NiF8, Ni9, Ni23, 野生種との交雑系統で根量が多い 97S-41, および NiF8 と 97S-41 の交雑後代 10 系統を春植えで栽培し、各系統最大 15 株について、収穫期前の 11 月上旬に株基部とパワーショベルとを圧縮引拔ロードセルを介して紐で結んで引き上げ、引き抜き抵抗値を測定した。また 7 系統については、一部の株で、コアサンプル法により株から約 15 cm 離れた場所の深さ 0~55 cm のコアを掘り出し、側根を含めた根長と根乾物重を測定した。株当たりの引き抜き抵抗値は、NiF8 で 0.67 kN, 97S-41 で 2.09 kN であり、交雑後代についても系統ごとの平均値で 0.41~1.43 kN と系統間差が認められた。根量も調査した 7 系統 22 株では、引き抜き抵抗値との間に、根長では 1%水準で有意な、根乾物重では 5%水準で有意な正の相関関係が認められた。これらの結果から、サトウキビにおいては引き抜き抵抗が簡便な根量評価方法として有効と考えられた。

本研究は、農研機構生研支援センターの「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち先導プロジェクト)支援を受けて実施した。

P-50

細胞膜の流動性変化を介したシロイヌナズナ根の初期低温応答メカニズム

菅原拓也・蔭西知子・陽川憲*

北見工業大学

(*yokawaken@mail.kitami-it.ac.jp)

植物は環境の変化に適応することで生存をはかる。耐低温性を獲得するために植物は気温の低下に順化する。植物の低温感知メカニズムについては不明な点が多いが、低温応答の初期に細胞膜の流動性変化が起こることが知られている。今回、低温応答時のシロイヌナズナ根の細胞膜に着目して、低温処理に加えて、低温応答を模倣するといわれるジメチルスルホキシド (DMSO) 処理を行った。シロイヌナズナ根の蛍光プローブによる細胞膜観察を行った結果、低温または DMSO 処理のどちらの場合にも膜脂質の流動性に変化が確認された。また、興味深いことに、低温処理だけでなく、室温での DMSO 処理によっても低温応答遺伝子群が誘導されることが見出された。本発表では膜を介した低温応答イベントについて考察する。

P-51

光刺激によるシロイヌナズナ根端アミロプラストの状態と重力屈性への影響

折手大和¹・František Baluška²・陽川憲^{1*}¹北見工業大学・²IZMB, University of Bonn

(*yokawaken@mail.kitami-it.ac.jp)

植物の根は、土中からの養分や水分の吸収といった重要な役割をもつ器官である。土中に存在する根が、光に対して応答することが知られている。さらに、トウモロコシ根への光刺激により重力屈性が開始することが報告されている [Suzuki et al., 2016. J Exp Bot]. しかしながら、光受容のメカニズムや、それに引き続いて起こる重力屈性制御の詳細はほぼ分かっていない。今回、根の先端の光波長依存性と細胞内シグナリング伝達を明らかにするため、シロイヌナズナの光受容体欠損変異体の根を用いた検討を行った。本発表では、光照射下における根端のコルメラ細胞のアミロプラストの状態変化と、光がシロイヌナズナ根の重力屈性に影響を与えることについて報告する。

P-52

冠水時期がアフリカイネの冠水抵抗性におよぼす影響

越前屋雄大・豊福恭子・小川敦史・曾根千晴*

秋田県立大学生物資源科学部

(*ccsone@akita-pu.ac.jp)

近年、世界的に異常気象と共に、イネが冠水害に遭うことが増加している。アフリカイネはアジアイネに比べ、完全冠水下での茎葉部伸長が旺盛なことが報告されているが、地下部成長との関係はまだあまり分かっていない。本研究では、アフリカイネ品種 CG14 を供試し、アジアイネの冠水感受性品種 REXMONT および冠水耐性品種密陽 23 と、冠水処理した地上部と地下部成長の関係を比較した。播種後 10 日目 (10 DAS) と 20 日目 (20 DAS) の苗を、水深 80 cm のアクリル水槽に入れ 7 日間冠水した。冠水終了後、水槽から苗を取り出し、対照区と同じ水位で 4 週間栽培した。CG14 は他の品種に比べ、10 DAS 区および 20 DAS 区とも冠水開始後に素早く茎葉部伸長が始まり、冠水終了時の草丈が高かった。地下部乾物重および地上部乾物重は、REXMONT および密陽 23 では 10 DAS 区および 20 DAS 区とも冠水期間中に増加が強く抑えられていた。CG14 の 10 DAS 区では上記 2 品種と同様冠水期間中に地下部および地上部乾物重の増加が抑えられていた。一方、CG14 の 20 DAS 区では冠水期間中に地下部乾物重増加速度が対照区と同程度であり、地上部乾物重増加速度は対照区よりも大きかった。以上より、アフリカイネ品種は、冠水期間中に茎葉部を伸長させ、水面上に葉身を展開することで、地下部の生育も促進している可能性が考えられた。しかしながら、その反応は冠水開始時の生育時期によって異なった。

P-53

サイトカイニンはいネのROLバリア形成に関与する

清水香那*・塩野克宏

福井県立大学大学院生物資源学研究所

(*s1973007@g.fpu.ac.jp)

我が国では、長雨などによって湛水しやすい水田転換畑における畑作物の湿害が問題となっている。ほとんどの畑作物が湿害による生育阻害を受ける一方で、イネのような湿生植物は過湿環境で生育するための機能を有している。地上部から根端までの酸素輸送の通路となる通気組織は過湿ストレスへの重要な形質である。これに加えて、根の基部からの放射状酸素漏出 (Radial Oxygen Loss) を抑制するROLバリアは耐湿性の高い湿生植物だけがもつ耐湿性の重要形質である。外皮に蓄積するスベリンからなるROLバリアは嫌気条件によって誘導的に形成される。今までROLバリアを制御する植物ホルモンはアブシジン酸のみ同定されていたが、我々は外生的なサイトカイニンによってROLバリアが誘導されるという結果を得た (第48回根研究集会発表より)。そこで、我々は植物体内のサイトカイニンがROLバリア形成に与える影響を調べたのでここで報告する。イネ日本晴品種のサイトカイニン生合成変異体である *lonely guy-6*, *log-6* (Kurakawa et al., 2007. Nature) を嫌気条件下で栽培したところ、*log-6* でもROLバリア形成が確認された。しかし、そのROLバリア形成率は野生型と比べて減少していた。興味深いことにROLバリアを形成した *log-6* の根では、部分的にスベリン化のみられない外皮が確認できた。以上のことから、サイトカイニンはイネのROLバリア形成に重要な外皮のスベリン化に関与することが示唆された。

P-54

ツツジ科植物における菌根タイプの変遷に伴った異形根性の進化

馬場隆士^{1*}・廣瀬大²・半智史³・船田良³・伴琢也³¹農研機構果樹茶業研究部門・²日本大学薬学部・³東京農工大学農学部

(*babat211@affrc.go.jp)

細根系内の個々の根 (個根) の間で形態が異なる現象 (異形根性) が多くの植物種において知られてきた。一方、異形根性の特性を植物の系統間で比較した研究は少ない。異形根性は、細根系の発達様式や菌根の形成パターンと関係することが知られており、個根間の役割分担を示す形質といえる。そのため、異形根性は根による養分獲得戦略を特徴づける重要な形質と予測され、その特性は菌根共生の進化とも関係している可能性がある。ツツジ科は、菌根タイプが異なる系統が多く派生した特異的な植物分類群である。一方、本科は、主要な菌根タイプの一つである外生菌根と類似したタイプが複数派生しているなど、祖先的なアーバスキュラー菌根から他の菌根タイプへの変遷に伴った細根の進化を観察する良いモデルと考えられる。そこで本研究では、ツツジ科および本科に近縁なりょうぶ科に属する10種を調査し、菌根タイプが異なる系統間で異形根性の特性および菌根の形成パターンに違いがあることを明らかにした。この結果を、従来提示されていたツツジ科における菌根共生の進化プロセスと併せて考察すると、新たな菌根タイプが派生した際に木部構造・成長性や菌根形成頻度の個根間の差が大きくあるいは小さくなるというように、異形根性は菌根タイプと同調して進化し、養分獲得戦略を構築する重要な形質であること示唆された。本研究は日本科学協会の笹川科学研究助成を受けて実施した。

P-55

シロイヌナズナの根が低酸素条件下で生成するエタノールによる細胞骨格と細胞膜への影響

蔭西知子¹・František Baluška²・陽川憲^{1*}¹北見工業大学・²IZMB, University of Bonn

(*yokawaken@mail.kitami-it.ac.jp)

エタノールは自然界に豊富に存在する短鎖アルコールである。植物細胞がストレス条件下、特に低酸素・無酸素条件下におけるエネルギー生産の副産物としてエタノールを生成することが知られている。逆に、低濃度のエタノール (1%以下) を植物に添加することにより環境ストレスへの耐性が上昇することも報告されている。しかし、エタノールがどのようなメカニズムで細胞・組織に影響を与えるかについては不明な点が多い。今回、シロイヌナズナの根が低酸素状態でエタノールを生成することを生化学的手法により検出した。さらに、外部からエタノールを加えると、根端部分に活性酸素の生成が確認され、引き続いて根端のエンドサイトーシスの速度とアクチン細胞骨格の状態が変化することが分かった。本発表では、エタノールに対する植物の根の初期応答について議論する。

P-56

変動水分条件に対してイネ根が発揮する側根発育および通気組織形成に関わる可塑性と水通導性との関係

井ノ口華帆^{1*}・三屋史朗¹・仲田 (狩野) 麻奈²・山内章¹¹名古屋大学大学院生命農学研究科・²名古屋大学農学国際教育研究センター

(*inoguchi.kaho@c.mbox.nagoya-u.ac.jp)

根端への酸素輸送機能を担う通気組織は皮層崩壊により形成され、根の代謝コストを減少させる。あるいは根の生育に必要な物質の一部を供給する可能性があることから、土壌ストレス下での通気組織の可塑的な形成は根系発達を維持し、根系の水吸収に貢献すると考えられる。本研究では、土壌水分変動条件に対してイネ根が発揮する側根発育および通気組織形成に関わる可塑性と水通導性との関係を、根系を構成する個根のレベルで明らかにしようとした。ササニシキならびにハバタキ/ササニシキ染色体断片置換系統群 39 系統のうち、土壌水分変動条件に対してササニシキと比べてより強い根系発育および通気組織形成に関わる可塑性を示すことが報告された SL39 を、同条件下で 33 日間水耕栽培し、播種後 6-19 日目の期間のみ水耕液に PEG を加え浸透圧ストレスを与えた。ストレス処理解除直後 (播種後 20 日目) と実験終了時 (播種後 33 日目) にプレッシャーチャンバー法によって個根の水通導性、異形側根毎の表面積および主軸根の通気組織率を測定した。ストレス処理解除直後では品種/系統間において水通導性および根系発達に有意な差は認められなかった。ストレス処理解除直後での通気組織率と、実験終了時の水通導性、根系発達および通気組織率については現在測定中である。これらの結果より、側根における根軸内の通気組織率ならびに各個根上の側根発育と、個根全体の水通導性との関係を考察する。

P-57

カラマツ細根の生死判定における分光・蛍光画像および形質観測の有効性

中路達郎^{1*}・小熊宏之²・大橋瑞江³・牧田直樹⁴¹北海道大学・²国立環境研究所・³兵庫県立大学・⁴信州大学

(*nakaji@fsc.hokudai.ac.jp)

細根の生死は植物の生理・生態学的機能を評価するうえで重要な概念であり、目視観察や呼吸測定など複数の基準で判断されてきた。しかし、樹木における手法研究は限られており、依然として客観判定が難しいのが現状である。今回、我々は樹木細根の生死判定に関する手法間の比較実験を行った。37年生ニホンカラマツ林において、12ヵ月前に根元を切断(伐倒)した個体、5ヵ月前に切断した個体を用意し、未処理個体と合わせて合計60根系の細根を採取した。採取した根系を洗浄後、目視判定と呼吸活性およびコロイダルシリカ溶液中で根系が浮上する濃度を計測し、可視-近赤外反射率および紫外光照射時の蛍光画像を撮影した。後日、形態特性(SRL, RTD)およびCN含量も計測した。各項目を処理区間で比較した結果、呼吸活性、RTD、コロイダルシリカ濃度、カラーバランス(R, G, Bの割合)、近赤外反射率および彩度において有意差($p < 0.05$)が認められた。窒素含量および蛍光強度に有意差は認められなかった($p < 0.066$)。呼吸活性は切断処理5ヵ月で低下したが12ヵ月後には増加し、枯死と分解のプロセスの違いが関与している可能性が示された。近赤外反射率とRTDも同様の傾向を示した。蛍光強度は処理12ヵ月で低い値を示したものの、表面組織の剥離の有無が影響することも判明した。これらの測定項目の特性をもとに客観的評価手法を考察する。

P-58

変動土壌水分条件に対してイネ根系が発揮する発育的可塑性に関わるQTL解析

丹下美咲^{1*}・仲田(狩野)麻奈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名古屋大学農学国際教育研究センター

(*tange.misaki@h.mbox.nagoya-u.ac.jp)

【目的】ササニシキ/ハバタキ 染色体断片置換系統群の系統39番(CSSL39)は、土壌水分変動条件下でササニシキに比べ根系発育が優れていると示唆されている(Nguyenら, 2017)。本研究ではCSSL39 BCF₂を用い、土壌水分変動条件下で生育させたイネ根系の発育的可塑性に関わるQTL解析を目的とした。

【材料および方法】材料として100個体のCSSL39 BCF₂を用いた。塩ビチューブ(φ38mm, 高さ50cm)を用い、人口気象室内にて土耕条件で30日間栽培した。処理区は土壌水分変動区(湿潤→乾燥→再灌水(湿潤))のみで、乾燥時は土壌含水率が15% w/w以下になるようにした。播種後22日目にDNA解析用葉身、30日目に根系のサンプリングをそれぞれ行った。サンプリングした根系の総根長、節根長、側根(S型, L型)長を、WinRHIZO(Regent Instruments Inc. Quebec, Canada, 2016)を用いて計測した。また、播種後27日目にチューブ表面に現れた根から土壌表面までの根深度(cm)を測定した。各根形質とDNA解析結果から再灌水時の根系の可塑性に関わるQTL解析を行った。

【結果と考察】第12番染色体上のマーカーRM6905(41.8 cM)周辺に根深度に関与するQTLが存在することが示唆された。今後は、乾燥強度を変化させた土壌水分変動下でのイネ根系の発育に関するQTL解析を行い、より詳細な根系の可塑性に関与するQTLの解析を検討している。

【引用文献】Nguyenら(2017)日本作物学会第243回講演会要旨集 p194.

P-59

踏圧下での窒素付加がグイマツ雑種 F₁ の根の発達に及ぼす影響菅井徹人¹・横山聡子²・渡部敏裕³・玉井裕³・佐藤冬樹⁴・小池孝良^{3*}¹北大院農学・²北大農・³北大農学研究院・⁴北大北方生物圏フィールド科学センター

(*tkoike@for.agr.hokudai.ac.jp)

踏圧下では根の成長が抑制され養水分の吸収に悪影響が出るが、緑化資材としての外生菌根菌 (ECM) の感染は宿主の養水分吸収の補助に貢献する。シンク器官としての根は成長抑制を受けるが、ECM などが新たなシンクとして宿主への養水分の供給を可能にする。一方、窒素 (N) 沈着 (PM_{2.5}: 硫酸アンモニウム) が増加し、根圏への影響が懸念される。N 増加によって根の成長抑制と ECM への感染低下や種組成の変化が生じ、水ストレスへの感受性増加など悪影響も予想される。また、踏圧下では土壌は嫌気状態になるので窒素無機化に関連して樹体の栄養 (特に N) への変化も予想される。そこで本研究では、踏圧下での ECM 感染が F₁ 雑種の成長に及ぼす影響を、生産現場でのモニターと操作実験によって明らかにすることを目的とした。

試験地は、均質な踏圧処理を行うため実験苗畑に重機を利用して 3 段階を設けた。50 kg/m²年の N 付加を行った。初年度、水分生理には踏圧と N 影響がなく、表層の細根が踏圧で増加した。地際直径に踏圧処理による成長抑制が見られた。3 種の ECM 菌と子囊菌に感染していたが、処理後、ジェネラリストの *Hebeloma* sp. が N 付加で減り、スペシャリスト *Suillus viscidus* と子囊菌 *Wilcoxina mikolae* の比率が踏圧区で増加していた。

P-60

Effect of salt stress on root system developmental response and anatomical characteristics in rice

Maria Corazon J. Cabral^{1,2*}, Hiroshi Ehara² and Mana Kano-Nakata²¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University

(*macorjulaton@gmail.com)

Salinity is the second most limiting factor that affects the increase in rice productivity throughout the world. Thus, identifying the key parameters for evaluating salt tolerance in rice is a topic of considerable research worldwide. This study evaluated the effect of salt stress in plant growth and root development of rice cultivar "Nipponbare". Specifically, we determined the anatomical changes in roots as a response to salt stress and evaluate these changes along root axis focusing on different age. Rice seedlings were grown under hydroponic condition for 22 days. For salt stress treatment, 15 days old seedlings were exposed to 100 mM NaCl for 7 days prior to termination. Salt stress significantly reduced shoot and root dry matter production. Among root component traits, total L-type lateral root length (TLRL) possessed the highest reduction rate (75.1%) relative to its control (non-stress) which consequently reduced total root length (TRL) by 70.3% under salt stress condition. Root anatomical traits, including cross section area and lignin deposition varied along root axis. Roots become thicker especially in the base under salt stress condition as compared with the control in seminal root. On the other hand, the diameter of newly emerged nodal root was reduced by salt stress. In general, anatomical changed in the structure of seminal and nodal root had been observed in relation to root age as affected by salt stress. These findings show that salt stressed is highly detrimental to shoot and changes in anatomical structures where observed that affects root development. Further studies should be conducted to observe the Casparian strip, and its relation to salt stress tolerant adaptation.

P-61

イネ根系を構成する異形根間のアクアポリン遺伝子発現量差異とその根系水通導性に対する
機能的役割における品種間比較渡邊友実加^{1*}・三屋史朗¹・仲田 (狩野) 麻奈²・山内章¹¹名古屋大学大学院生命農学研究科・²名古屋大学農学国際教育研究センター

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

イネ根系は、形態、内部組織構造、発生に関わる遺伝制御、環境への発育応答などが異なる3種類の異形根(種子根と節根を含む主軸根、L型側根およびS型側根)で構成されている。これらの異形根間において、Cell-to-cell経路の水通導性を制御すると考えられるアクアポリン発現量の差異は明らかになっていない。そこで本研究では、異なる浸透圧ストレス条件下で水耕栽培した2品種の各異形根におけるアクアポリン発現量を比較することを目的とした。水稻の日本晴および、先行研究(Watanabe et al., 2019)において、乾燥条件下で高い水通導性を示した陸稲のIRTA 109を材料として用い、水耕栽培により2週間生育させた。処理区として浸透圧ストレス区(ポリエチレングリコール 10% w/w)を設け、対照区と比較した。サンプリング時に、根系より、種子根、種子根より分枝したL型側根とS型側根、および節根をそれぞれ水耕液中で切り分け、直ちに液体窒素で凍結した。異形根毎にRNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Germany)を用いて全RNAを抽出し、4種類のアクアポリン遺伝子(OsPIP2;1, OsPIP2;4, OsPIP2;5, OsTIP2;1)のプライマーを使用して、RT-PCR法で発現を解析した。現在、両品種の異形根間での発現量の比較および処理による影響の解析を進めている。

P-62

色・構造・弾力性を用いた樹木根系の枯死判別方法の模索

鈴木大介^{1*}・遠藤いず貴¹・中路達郎²・牧田直樹³・谷川夏子³・清水芙宇夏³・田村梓³・大島暢人³・伊藤拓生³・増本泰河³・吉田巖⁴・藤井黎⁵・大橋瑞江¹¹兵庫県立大学環境人間学部・²北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・³信州大学理学部・⁴名古屋大学・⁵京都大学

(*kyudan.ds@gmail.com)

細根動態は森林生態系の炭素循環や栄養循環に大きく関わっているが、観察が難しいために最も理解が進んでいない植物機能の一つとされている。中でも細根の枯死は明確に定義されておらず、生死判別のための基準が必要とされている。そこで本研究は、細根の枯死判定テストを実施し、より正確な細根の枯死判別方法を模索することを目的とした。調査は北海道大学苫小牧演習林で2日間に渡って行い、判定テストのサンプルには地上部伐採時期の異なる同演習林のニホンカラマツの細根を使用した。12人の参加者はサンプルが枯死しているかどうかを判定し、その判定理由を回答した。また同サンプルを用いてコロイダルシリカによる浮き沈み実験を行い、サンプルが浮くときの溶液濃度を求めた。これらの結果、枯死判定を繰り返し行うこと、複数の指標を用いて判定することで枯死判定の精度が上昇した。

P-63

Parental root bending induces L-type lateral root formation via auxin accumulation at the outer side of bent region in rice

N Lucob-Agustin¹, T Kawai¹, M Takahashi-Nosaka², M Kano-Nakata³, C Mbathi Wainaina⁴, T Hasegawa¹, M Inari-Ikeda³, M Sato⁵, H Tsuji⁵, A Yamauchi¹ and Y Inukai^{3,6*}

(¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²National Institute of Genetics, ³International Center for Research and Education in Agriculture, Nagoya University, ⁴Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, ⁵Kihara Institute for Biological Research, Yokohama City University, ⁶PREST, JST)

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

Root system architecture is determined by branching, elongation and growth angle. In rice, the L-type lateral root (LR) is capable of higher order of branching, thus important for the improvement of root system architectural traits. However, the mechanisms regulating L-type LR formation is unknown. Using *weg1* mutant, that produced higher number of L-type LRs formed from the curvatures of its wavy parental roots as compared to its wild-type, we identified the relationship between LR formation and parental root bending. We found that bending affected LR density and induced L-type LR formation at the convex side of the bent region of both *weg1* mutant and gravistimulated wild-type roots. We also observed that auxin accumulated at the convex side of the bent region, the same area where L-type LRs occurred. Thus, we speculated that a high concentration of auxin is necessary for the formation of the L-type LRs. This was supported by the exogenous application of auxin, wherein a higher amount of auxin is required to induce the formation of L-type LRs. These results indicate that bending is causal for the production of L-type LRs in rice and that auxin accumulation at the convex side of the bent region induced the L-type LRs, thus proposing a new mechanism for the regulation of L-type LRs. Therefore, to attain enhanced LR formation, manipulation of the parental root pattern from straight to wavy root would be important for increasing the number of L-type LRs and might open a new breeding strategy to develop rice crops with improved root system architecture.

2019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』の前号（第28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、学術功労賞1件、学術奨励賞2件、学術論文賞4件の授賞が決定しました。ここに、会員の皆様にご報告します。

授賞式は、11月23日-24日に開催された第50回記念根研究集会において、11月23日に開催し、併せて功労賞および奨励賞については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（論文賞を除く））をお贈りしました。受賞記念講演の要旨は、本号に根研究集会の一般発表の要旨集と一緒に掲載しています。

*「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。

*過去の受賞業績一覧は、根研究学会のホームページに掲載しています。

授賞が決定した業績とその概要

【学術功労賞 1件】

業 績：根系の形態と機能を「見る」

受賞者：森田 茂紀（東京農業大学農学部）

推薦者：阿部 淳（東海大学農学部）

業績の概要：根系は、物質生産に必須の養水分を土壌から獲得し地上部へ供給する機能だけではなく、経時的に重量が増加する地上部を物理的に支持するなど、物質生産にとって非常に重要な役割を果たす。作物生産が、植物の物質生産を利用して人間の生存にとって必須のエネルギーを獲得する行為であることを考えると、植物の物質生産を支える根系の重要性が再認識される。それにも拘わらず、作物根系に対する私たちの理解は未だに限られ、その形態、形成、構造、機能を制御できる水準までには至っていない。受賞者は、地上部と同様に根系を制御することで作物生産を大きく改善するための第一歩として、フィールドにおいて作物根系を可視化（「見る」）する手法の開発と運用に大きな成果を挙げてきた。形態を「見る」ための改良土壌断面法とコアサンプリング法の併用、形成を「見る」ためのイングロスコア法、構造を「見る」ためのファイトマーを基礎とした根系モデルの利用、機能を「見る」のための出液速度測定をそれぞれ開発・運用し、新たな知見を提供してきた。それらの成果は「根の研究」誌上で報告され、多くの後進が参照するに至っている。以上から、根研究学会学術功労賞にふさわしい業績として高く評価された。

業績（関連の論文等）

1. 森田茂紀・関谷信人・阿部淳 (2013) 根系の形態を「見る」。根の研究 22: 9-17.
2. 森田茂紀・関谷信人・阿部淳 (2013) 根系の形成を「見る」。根の研究 22: 111-118.
3. 森田茂紀・阿部淳 (2014) 根系の構造を「見る」。根の研究 23: 99-106.
4. 森田茂紀・阿部淳 (2015) 根系の機能を「見る」。根の研究 24: 79-88.

他に、関連原著論文31編、総説・解説記事等19編。

【学術奨励賞 2件】

業 績：樹木およびササの細根動態および土壌中の炭素・窒素動態に及ぼす影響

受賞者：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森林研ステーション）

推薦者：檀浦 正子（京都大学農学研究科森林科学専攻・地球環境学）

業績の概要：温暖化など環境変動に伴う森林の炭素循環を明らかにすることは、森林生態系サービスを持続的に維持・管理する上で極めて重要である。受賞者は北海道冷温帯の森林生態系を対

象として、樹木だけでなく下層植生であるササの細根動態に着目し、炭素動態の解明に取り組んだ。主な業績としては、ササを含む細根について、生産のフェノロジーの解明や、かく乱後の細根影響に関して新しい知見を得た。前者では、北方の森林生態系では細根動態を評価する上で、ササの貢献度が極めて高いことを明らかにし、その重要性を定量的に明らかにした。後者の業績においては、森林かく乱がササ細根に与える影響について、樹木の伐採はササの生育を促進し、地下部生態系としての細根バイオマスは変化しないという成果を得た。これらの成果は、森林生態系の炭素循環を評価する上で、これまで見落としがちで知見の少なかったササなど下層植生の重要性を、新たに定量的に指摘したものであり、本研究分野の新たな発展に寄与し、極めて高く評価できる。

業績（関連の論文等）

1. Fukuzawa, K., Shibata, H., Takagi, K., Nomura, M., Kurima, N., Fukazawa, T., Satoh, F., Sasa K. (2006) Effects of clear-cutting on nitrogen leaching and fine root dynamics in a cool-temperate forested watershed in northern Japan. *Forest Ecol. Manag.* 225: 257-261.
2. Fukuzawa, K., Shibata, H., Takagi, K., Satoh, F., Koike, T., Sasa, K. (2007) Vertical distribution and seasonal pattern of fine-root dynamics in a cool-temperate forest in northern Japan: Implication of the understory vegetation, Sasa dwarf bamboo. *Ecol. Res.* 22: 485-495.
3. Takagi K., Fukuzawa K., Liang N., Kayama M., Nomura M., Hojyo H., Sugata S., Shibata H., Fukazawa T., Takahashi Y., Nakaji T., Oguma H., Mano M., Akibayashi Y., Murayama T., Koike T., Sasa K., Fujinuma Y. (2009) Change in CO₂ balance under a series of forestry activities in a cool-temperate mixed forest with dense undergrowth. *Global Change Biol.* 15: 1275-1288.
4. Fukuzawa K., Shibata H., Takagi K., Satoh F., Koike T., Sasa K. (2013) Temporal variation in fine-root biomass, production and mortality in a cool temperate forest covered with dense understory vegetation in northern Japan. *Forest Ecol. Manag.* 310: 700-710.
5. Watanabe T., Fukuzawa K., Shibata H. (2013) Temporal changes in litterfall, litter decomposition and their chemical composition in Sasa dwarf bamboo in a natural forest ecosystem of northern Japan. *J. Forest Res.* 18: 129-138.
6. Fukuzawa K., Shibata H., Takagi K., Satoh F., Koike T., Sasa K. (2015) Roles of dominant understory Sasa bamboo in carbon and nitrogen dynamics following canopy tree removal in a cool-temperate forest in northern Japan. *Plant Spec. Biol.* 30: 104-115.
7. Inoue T., Fukuzawa K., Watanabe T., Yoshida T., Shibata H. (2017) Spatial pattern of soil nitrogen availability and its relationship to stand structure in a coniferous-broadleaved mixed forest with a dense dwarf bamboo understory in northern Japan. *Ecol. Res.* 32: 227-241.
8. Toda M., Fukuzawa K., Nakamura M., Miyata R., Wang X., Doi K., Tabata A., Shibata H., Yoshida T., Hara T. (2018) Photosynthetically distinct responses of an early-successional tree, *Betula ermanii*, following a defoliating disturbance: observational results of a manipulated typhoon-mimic experiment. *Trees-Struct. Funct.* 32: 1789-1799.
9. Satomura T., Fukuzawa K., Horikoshi T. (2007) Considerations in the study of tree fine-root turnover with minirhizotrons. *Plant Root* 1:34-45

他に、原著論文23編。

業績：森林生態系における樹木細根の成長様式の解明

受賞者：遠藤 はず貴（兵庫県立大学環境人間学部）

推薦者：牧田 直樹（信州大学理学部）

業績の概要：森林生態系の担う炭素貯蔵機能について、熱帯林は最大の貯蔵庫と言われているものの、研究環境や設備の困難さなどから、研究データの蓄積が立ち遅れている現状にある。受賞

者は、東南アジアのマレーシア熱帯雨林で、見えない細根の成長動態を、非破壊かつ連続的に観測できるスキャナ法を用いて、根系成長や枯死の可視化、高い種多様性と不明瞭な季節性を反映させる結果を得た。前者では、土壌中に埋設されたまま撮影されたスキャナ画像上の根を、月ごとに色分けし連続的に示すことで、根の成長と枯死動態があたかも動画のように観察でき、遠隔地の細根成長様式を明らかにする上で極めて有用な解析ツールを熱帯雨林で提供した。後者の不明瞭な季節性については、近隣の調査地にもかかわらず、細根の成長ピーク時期が異なるという、極めて種多様なかつ不明瞭な季節性を定量的に明らかにした。受賞者は、福島原発事故後の森林生態系におけるCsの移動や蓄積の解明にも地下部生態系の観点から数多くの業績を挙げている。このように研究困難な環境における根系動態の解明に道筋を付ける受賞者の研究は、極めて高く評価できる。

業績（関連の論文等）

1. Endo I., Norisada M., Kogawara S., Hogetsu T., Kojima K. (2009) Nitrogen form preference of *Pinus densiflora* seedlings is affected by ectomycorrhizal association. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 172: 623-625.
 2. Endo I., Tange T., Osawa H. (2011) A cell-type-specific defect in border cell formation in the *Acacia mangium* root cap developing an extraordinary sheath of sloughed-off cells. *Ann. Bot.* 108: 279-290.
 3. Osawa H., Endo I., Hara Y., Matsushima Y., Tange T. (2011) Transient proliferation of proanthocyanidin-accumulating cells on the epidermal apex contributes to highly aluminum-resistant root elongation in camphor tree. *Plant Physiol.* 155:433-466.
 4. Endo I., Ohte N., Iseda K., Tanoia K., Hirose A., Kobayashi N., Murakami M., Tokuchi N., Ohashi M. (2015) Estimation of radioactive 137-cesium transportation by litterfall, stemflow and throughfall in the forests of Fukushima. *J. Environ. Radioact.* 149: 176-185.
 5. Endo I., Ishii N, Ohashi M, Matsumoto K, Uchida S. (2017) Impacts of height and density of gramineous plant community on internal wind speed —toward safety assessments of TRU waste disposal—. *Radioisotopes* 66: 321-329.
 6. Tanaka Oda A., Endo I., Ohte N., Eer D., Yamanaka N., Hirobe M., Nachinshonhor GU., Koyama A., Jambal S., Katsuyama M., Nakamura T., Matsuo N., Jamsran U., Okuro T., Yoshika K. (2018) A water acquisition strategy may regulate the biomass and distribution of winter forage species in cold Asian rangeland. *Ecosphere* 9: e02511.
 7. Endo I., Kume T., Khoon L., Katayama A., Makita N., Ikeno H., Ide J., Ohashi M. (2019) Spatial and temporal patterns of root dynamics in a Bornean tropical rainforest monitored using the root scanner method. *Plant Soil* 443: 323–335.
 8. 遠藤いず貴・山内里佳・久米朋宣・Lip Khoon Kho・片山歩美・牧田直樹・池野英利・大橋瑞江 (2017) 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. 第 47 回根研究集会, 大阪府立大学.
- 他に、原著論文 5 編。

【学術論文賞 4 件】

業績：トマトの根域加温はマグネシウムの吸収を促進することにより葉の黄化を抑制する

受賞者：中野 明正, 河崎 靖, 佐々木 英和, 中野 有加, 安場 健一郎, 鈴木 克己, 高市 益行

掲載：根の研究 17: 41-44.

推薦者：「根の研究」編集委員長

業績の概要：日本のトマト生産を高収量化するためのひとつの方策として、ロックウール培地を用いた養液栽培により、長期間にわたり多段栽培することが考えられる。しかし、多段栽培になるほど、病害虫に対するリスクが高まり、培養液管理についてもノウハウが必要となる上に、長段栽培では周年で栽培を行うため冬季の暖房が必要となる。本論文では、ロックウールの長段養

液栽培においてトマトを生産性の高い状態に維持し、従来の暖房に比べ、省エネルギーで暖房可能な手法として根域加温技術を評価するとともに、葉の無機元素を分析することにより葉色低下の原因について明らかにした。このように、根の研究者をはじめとして多くの研究者の研究の遂行だけでなく、トマトの養液栽培現場栽培状況の改善に寄与した論文である。

業績 : ImageJ を用いた画像解析による根長の評価

受賞者 : 田島 亮介

掲載 : 根の研究 23: 75-81.

推薦者 : 「根の研究」編集委員長

業績の概要 : 根長を評価する方法は大きく発展してきており、コンピュータを利用した画像解析による根長評価が一般的になりつつある。WinRHIZO を利用しない根長の評価方法として、著者らが提案しているオープンソースの画像解析ソフトウェア ImageJ を用いる方法について、著者の研究例を紹介しつつ、根長を評価する上での注意点に言及するとともに画像解析ソフトウェア ImageJ の使用方法について解説したものである。本報は、2017年7月から2019年5月までの間に J-Stage において 1963 件ダウンロードされている。これは、2008 年の 17 巻から 2019 年 28 巻第 2 号までに掲載された全 55 本の原著論文ならびにレビューの中で突出して高い値を示しており、全ダウンロード数 19,140 件のうち 10.3% を占めている。このことは、多くの研究者の研究の遂行に寄与したことを示している。

業績 : QTL mapping of above-ground adventitious roots during flooding in maize x teosinte “*Zea nicaraguensis*” backcross population

受賞者 : Yoshiro Mano, Fumie Omori, Carlos Henry Loaisiga, Robert McK Bird

掲載 : Plant Root 3: 3-9.

推薦者 : 「Plant Root」編集委員長

業績の概要 : 著者らは近縁種テオシントの遺伝資源を利用したトウモロコシの耐湿性育種を進めている。DNA マーカーを用いて耐湿性に関係する根の形質を支配する遺伝子をマッピングするという著者らの一連の研究の中で、湛水条件において形成される地表根に着目して遺伝解析を行い、地表根形成を支配する新規の遺伝子を見出した。さらに、既に別の交雑集団で報告されている地表根形成能の遺伝子や、他の耐湿性関連形質を支配する遺伝子の染色体上の位置関係を整理分類した。トウモロコシの耐湿性育種のみならず、イネ科畑作物の耐湿性の機構解明を行う際の重要な遺伝情報を提供しており、この分野の研究に対して大きな影響を与える重要な論文であったことを示している。

業績 : Formation and extension of lysigenous aerenchyma in seminal root cortex of spring wheat (*Triticum aestivum* cv. Bobwhite line SH 98 26) seedlings under different strengths of waterlogging

受賞者 : Md. Emdadul Haque, Fumitaka Abe, Kentaro Kawaguchi

掲載 : Plant Root 4: 31-39.

推薦者 : 「Plant Root」編集委員長

業績の概要 : 本論文は、コムギの湛水ストレス応答について、根の通気組織形成のメカニズムを解剖学的手法により明らかにしたものである。本論文は、湛水ストレスの強度に応じた根の通気組織形成のタイミングや形成位置、拡大過程を明瞭に示しており、植物の湛水・低酸素ストレスに対する応答や適応の仕組みを理解する上で極めて重要な知見を提供している。出版後には国内外の多くの論文に引用されており、過去 10 年間に Plant Root で発表された論文の中で引用数の最も多かった論文の一つである。このことは、植物の湛水ストレス研究に対して、本論文が大きなインパクトを与えたことを示している。

2019 年度 根研究学会総会報告

名古屋大学豊田講堂で開催された第 50 回記念根研究集会の一部として、11 月 23 日に定期総会を開催しました。且原真木会員に議長を務めて頂き、下記の通り、2018 年度の会務報告・決算報告・会計監査報告、2019 年度の事業計画・予算が承認されました。また、根研究学会学術賞規定も改定されました。

1. 2018 年度 会務報告

1) 会誌『根の研究』第 27 巻を発行した。

(小川 敦史 編集委員長)

第 1 号 (2018 年 3 月発行) pp. 1 - 32 (32 頁)

第 2 号 (2018 年 6 月発行) pp. 33 - 64 (32 頁)

第 3 号 (2018 年 9 月発行) pp. 65 - 92 (28 頁)

第 4 号 (2018 年 12 月発行) pp. 93 - 132 (40 頁)

2) 研究集会

以下 2 回の研究集会を開催した。第 48 回および第 49 回根研究集会内では特別講演それぞれ 2 題が行われた。

・第 48 回根研究集会

5 月 25 日 (金) ~ 26 日 (土)

於：前橋市中央公民館 (群馬県前橋市)

実行委員長 本間知夫会員

・第 49 回根研究集会

10 月 27 日 (土) ~ 28 日 (日)

於：森林総合研究所東北支所 (岩手県盛岡市)

実行委員長 野口享太郎会員

3) 2018 年度根研究学会賞

選考の結果、以下の業績を表彰した。

【学術功労賞】 1 件

受賞者：間野吉郎

(農研機構畜産研究部門)

業績：イネ科作物のストレス耐性の遺伝解析と耐湿性に関わる根系形質の改良

【学術特別賞】 1 件

受賞者：小池孝良

(北海道大学大学院農学研究院)

業績：変動環境下での樹木根系の生理生態学的研究

【優秀発表賞】 5 件

受賞者：和田竜征

(名古屋大学大学院環境学研究科)

業績：樹木 1 次根の直径変動とその要因—スギを含むヒノキ科に着目して

受賞者：桑辺七穂

(兵庫県立大学環境人間学部)

業績：スキャナ法を用いた温帯混合二次林における樹木根動態の空間的ばらつき

受賞者：黒澤陽子

(山形大学農学部)

業績：ブナ個体成長を牽引する芽ばえから稚樹期の根系低コスト急速成長

受賞者：江尻真斗

(福井県立大院生物資源学科)

業績：Radial oxygen loss バリアはヒエ属雑草において恒常的に形成されている

受賞者：河合翼

(名古屋大院生命農学研究科)

業績：イネ異形側根のメリステム形成における *QHB/OsWOX5* 遺伝子の役割

4) 国際誌 *Plant Root* の刊行

(阿部淳 編集委員長ら)

<http://www.plantroot.org/>

第 12 巻として、5 編の論文 (全 44 頁) を掲載した。受理後早期の掲載、並びに編集委員の負担を軽減する目的で BIB 作成費を計上した。

5) 会誌以外の出版物・根研ロゴライセンス

「根の研究の最前線 7」および同シリーズのうち、在庫があるバックナンバーについては、引き続き販売した。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した。

6) 会員勧誘と費用節減対策

会員数は微減傾向にあり、会費収入は減少傾向にある。財政状況改善を目的として、印刷費・発送費削減を努力するとともに、学生や若手研究者の入会を促すため、根研究学会優秀発表賞、若手会員研修支援、研究集会参加費無料化の継続を行った。

2. 2018年度 決算報告

期間： 2018年1月1日－12月31日

1) 2018年度 一般会計

事項	予算	2018年度	予算との差額
前年度繰越金	416,480	416,480	0
会費未納分 ^{※1}	117,000	86,000	-31,000
2018年会費 ^{※1}	595,000	490,000	-105,000
2019年以降の会費前納分 ^{※1}	450,000	583,000	133,000
寄付・雑収入(広告料,許諾料,利子) ^{※2}	17,000	35,050	18,050
会誌改善費(特別会計から)	0	0	0
合計	1,595,480	1,610,530	15,050

1.支出

事項	予算	2018年度	予算との差額
会誌・名簿の製版・印刷費 ^{※3}	520,000	511,704	-8,296
会誌・名簿の送付費 ^{※3}	45,000	36,736	-8,264
Plant Root BIB作成費 ^{※4}	70,000	37,800	-32,200
事務局委託費・謝金 ^{※5}	356,400	349,920	-6,480
事務通信費	15,000	17,760	2,760
事務用品費	2,000	0	-2,000
研究会経費	40,000	40,000	0
学会賞経費 ^{※6}	25,000	26,266	1,266
サーバー使用料	27,000	27,120	120
予備費 ^{※7}	50,000	45,141	-4,859
次年度繰越金	445,080	518,083	73,003
合計	1,595,480	1,610,530	15,050

繰越金を除く2018年の実収入 1,194,050

繰越金を除く2018年の実支出 1,092,447

繰越金を除く2018年の実質収支 101,603

※1 年会費は電子版個人会員3,000円,冊子版(＋電子版)個人会員4,000円,冊子版団体会員9,000円.前納は,12月までに2019年度を納入した分など.

※1 2018年に納入された会費の内訳	合計	1,159,000
1) 未納分 2017年	86,000	(3000×16)(4000×5)(9000×2)
2) 当年度分 2018年	490,000	(3000×98)(4000×44)(9000×2)(一部入金)
3) 前納分 2019年	583,000	(3000×104)(4000×61)(9000×3)

※2 雑収入の内訳	合計	35,050
1) 広告収入(カタス)	15,000	
2) 著作権使用料(EBSCO)	20,049	
6) 預金利息	1	

※3 会誌印刷費内訳(表紙を除いた頁数)	合計	511,704
1) 27巻第1号(32頁)	129,600	
2) 27巻第2号(32頁)	124,200	
3) 27巻第3号(28頁)	119,556	
4) 27巻第4号(40頁)	138,348	

※3 会誌発送費の内訳	合計	36,736
1) 26巻第4号	9,922	
2) 27巻第1号	9,102	
3) 27巻第2号	8,856	
4) 27巻第3号	8,856	

※メール便・郵便(新入会員及び再送費等含む)*メール便は翌月払

※4 Plant Root BIB作成費の内訳	合計	37,800
J-STAGE登録料	37,800	

※5 謝金の内訳	合計	349,920
1) 事務委託費(樹共立)	324,000	
2) 2018年HP管理費(樹共立)	25,920	

※6 学会賞経費の内訳	合計	26,266
1) 受賞者賞状他印刷送料等	7,756	
2) 副賞購入費	8,510	
3) 受賞者懇親会費	10,000	

※7 予備費の内訳	合計	45,141
1) 監査交通費	1,000	
2) 会費請求書作製・送料	44,141	

2) 2018年度 特別会計

1.収入^{※1} 単位:円

事項	予算	決算	予算との差額
前年度繰越金	219,326	219,326	0
出版物販売	7,000	0	-7,000
寄付・雑収入(銀行利息等) ^{※1}	3,000	120,001	117,001
合計	229,326	339,327	110,001

2.支出^{※2,※3}

事項	予算	決算	予算との差額
出版物(印刷費・製作費)	0	0	0
「根の研究」デジタル化 ^{※2}	43,200	43,200	0
送料・手数料など	10,000	270	-9,730
国際誌刊行経費(サーバーレンタル料)	25,000	22,032	-2,968
会長裁量経費 ^{※3}	100,000	32,400	-67,600
会誌改善費(一般会計への補助)	0	0	0
苺住基金運営維持費	0	0	0
次年度への繰越金	51,126	241,425	190,299
合計	229,326	339,327	110,001

繰越金を除く2018年の実収入 120,001

繰越金を除く2018年の実支出 97,902

繰越金を除く2018年の実質収支 22,099

内訳

※1 寄付・雑収入(銀行利息等)	120,001
預金利息	1
寄付	120,000

※2 「根の研究」デジタル化	43,200
根の研究PDF作成代(19巻)	43,200

※3 会長裁量経費	32,400
根の研究PDF作成代(18巻)	32,400

3) 2018年度 苺住基金

1.収入 単位:円

事項	予算	決算	予算との差額
前年度繰越金	186,358	186,358	0
特別会計繰入金	0	0	0
雑収入	0	0	0
合計	186,358	186,358	0

2.支出^{※2}

事項	予算	決算	予算との差額
若手会員旅費支援	60,000	30,000	-30,000
送料・手数料	300	432	132
次年度への繰越金	126,358	155,926	29,568
合計	186,658	186,358	-300

※1 1件の申請.

3. 2018 年度会計の監査報告

2019 年 2 月 28 日に、事務業務委託先の共立において、根研究学会監査の益守眞也会員に事務局業務担当者（共立の塚田さん）が説明を行い、会計監査をして頂いた。以下がその監査報告の写しである。

会計監査報告書

根研究学会会則第 9 条に基づき、本日、根研究学会事務局（株式会社共立内・東京都中央区）において 2018 年度（2018 年 1 月 1 日～12 月 31 日）の会計監査を行った結果、適正に執行されていることを確認しました。

2019 年 2 月 28 日

監査 氏 名 益守眞也 

4. 2019 年度事業計画

1) 会誌『根の研究』第 28 巻発行

（編集委員長：小川 敦史）

第 1 号（2019 年 3 月発行）pp. 1-32（32 頁）

第 2 号（2019 年 6 月発行予定）

第 3 号（2019 年 9 月発行予定）

第 4 号（2019 年 12 月発行予定）

2) 研究集会等の開催

・第 50 回記念根研究集会

11 月 23 日（土）～24 日（日）

於：名古屋大学豊田講堂

（愛知県名古屋市）

実行委員長 山内章会員

3) 2019 年度根研究学会賞の公募・選考・授与

6 月発行の会誌で告示し、7 月に公募。第 50 回根研究集会において授賞。

これまでの受賞者について、他団体の賞への推薦も検討する。

4) 一般会計・特別会計による学会活動と会員の研究活動の支援（予算案を参照）

・国際誌 *Plant Root* 第 13 巻発行（編集委員長：阿部淳ら）。投稿数・掲載数の増加に努める。

・根研ロゴ使用料による特別会計の増収を図るため、会員によるグッズ作製を促進する。

5) 根研究学会「苺住」国内研修支援

根研究学会「苺住」国内研修支援では、会員間の横のつながりを強めることを目的に、ポストク・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支援として、年間 2 件（1 件 3 万円）を助成する。

6) 会運営に関する問題

単年度収入の減少に対しては一層の節約に努めるとともに、運営の基盤となる会費を増やすため、根研究学会のチラシを用意し会員の増加をはかる（関連分野の学会・シンポジウム等で配布してもらう）。あわせて、助成金や広告料の取得に努める。印刷費に関しては、冊子版会員数に合わせて印刷する。

7) 出版

「根の研究の最前線 7」およびバックナンバーの販売促進に努める。

その他、出版社等から、根の研究の発展や社会へのアピールに役立ちそうな出版の企画提案があれば協力する。

8) 他の学術関連団体などとの協力

・日本学術会議等

協力学術研究団体として、委員候補の推薦やアンケートなどの依頼があれば協力する。

・国際研究集会等

会誌への開催情報の掲載など、情報の伝達に協力する。

・その他

学術活動に関するアンケートなど、根の研究や日本の学術発展に有意義と思われる要請については、大きな負担のない範囲で協力する。

他の学術団体からの共催、講師推薦等の要請に対しては、執行部・評議員で検討する。

9) その他

・男女共同参画の推進

・将来のシンポジウムの企画

・2020-2021 年度 根研究学会会長の選挙
会則第 8 条・10 条・11 条に基づき、来期の会長選挙を行う。立候補受付は 7 月 31 日までとし、10 月に投票を行う。

5. 2019年度予算

期間： 1月1日～12月31日

1) 2019年度 一般会計

2019年1月現在の会員数は、294名（海外含む）、団体7件。年会費は、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円とする。

収入			
事項	予算	前年実績	前年との差額
前年度繰越金	518,083	416,480	101,603
会費未納分※1	124,000	86,000	38,000
2019年会費※1	586,000	490,000	96,000
2020年以降の会費前納分※1	500,000	583,000	-83,000
寄付・雑収入※2	17,000	35,050	-18,050
会誌改善費（特別会計から）	0	0	0
合計	1,745,083	1,610,530	134,553

支出			
事項	予算	前年実績	前年との差額
会誌・名簿の製版・印刷費※3	600,000	511,704	88,296
会誌・名簿の送付費※3	50,000	36,736	13,264
Plant Root BIB作成費※4	70,000	37,800	32,200
事務局委託費・謝金※5	356,400	349,920	6,480
事務通信費	15,000	17,760	-2,760
事務用品費	2,000	0	2,000
研究会集経費	40,000	40,000	0
学会賞経費※6	25,000	26,266	-1,266
サーバー使用料	27,000	27,120	-120
予備費	50,000	45,141	4,859
次年度への繰越金	509,683	518,083	-8,400
合計	1,745,083	1,610,530	134,553

繰越金を除いた2019年の実収入	1,227,000円
繰越金を除いた2019年の実支出	1,235,400円
繰越金を除いた2019年の実質収支	-8,400円

- ※1 10月に次年度分の会費納入のお願いをするので、多額の前納分が発生し、当該年になってからのその年分の会費納入額は会員数×年会費より少ない。前年までの未納会費の回収見込みは、未納者が例年より多いため前年実績より増額してある。
財源の安定化のためには、30名程度会員が増えることが望ましい。
- ※2 会誌広告・ホームページのバナー広告で収入を上げることが望ましい。
- ※3 会誌（全4号）の発行。名簿本年度に発行。
会誌の印刷費も、研究会要旨を半頁にする。会告の類を二段組みにするなどで頁数を削減している。
- ※4 7,000円/編、10編を予定している。
- ※5 事務局委託経費（年30万円＋消費税8%）。
ホームページ管理委託費は3万円。
- ※6 3名程度の授賞を想定。受賞者が増えた場合は予備費等で対応する。

2) 2019年度 特別会計

収入			
事項	予算	前年実績	前年との差額
前年度繰越金	241,425	219,326	22,099
出版物販売※1	5,000	0	5,000
寄付・雑収入（利息等）※2,3	3,000	120,001	-117,001
合計	249,425	339,327	-89,902

支出			
事項	予算	前年実績	前年との差額
出版物（印刷・製作費）	0	0	0
「根の研究」デジタル化※4	0	43,200	-43,200
送料・手数料など	10,000	270	9,730
国際誌刊行経費	23,000	22,032	968
会長裁量経費	100,000	32,400	67,600
会誌改善費（一般会計へ）	0	0	0
苅住基金運営維持費	0	0	0
次年度への繰越金	116,425	241,425	-125,000
合計	249,425	339,327	-89,902

繰越金を除く2019年の実収入 8,000円
繰越金を除く2019年の実支出 133,000円
繰越金を除く2019年度の実質収支 -125,000円
(会長裁量経費100,000円を使わずにすれば、赤字は縮小)

- ※1 「根の研究の最前線7」を中心に販売予定。
※2 根研ロゴ使用料（1製品につき300円）。
※3 銀行口座利息。
※4 論文以外のコンテンツも含めた画像PDF化委託費。

3) 2019年度 苅住基金

収入			
事項	予算	前年実績	前年との差額
前年度繰越金	155,926	186,358	-30,432
特別会計繰入金	0	0	0
雑収入	0	0	0
合計	155,926	186,358	-30,432

支出			
事項	予算	前年実績	前年との差額
若手会員旅費支援	60,000	30,000	30,000
送料・手数料	300	432	-132
次年度への繰越金	95,626	155,926	-60,300
合計	155,926	186,358	-30,432

2名（3万円）を予定。

以上の3会計は、2020年2月頃に会計監査を実施予定。

6. その他

根研究学会学術賞規定改定について
会場からのご提案はありませんでした。

以上

根研究学会学術賞規定の改定

2019 年度総会での承認により、根研究学会学術賞規定が変更になりました。アンダーライン部が新しくなった部分です。

根研究学会学術賞規定

1. 本会は、会則第 3 条に基づき、本規定を定める。
2. 本会は、植物の根（その他の地下器官を含む、以下同様）およびこれを取り巻く環境に関する学術の発展に寄与したのに対して根研究学会賞を贈り、これを表彰する。
3. 根研究学会賞としては、根研究学会学術功労賞、根研究学会学術奨励賞、根研究学会学術論文賞、根研究学会学術特別賞、および根研究学会優秀発表賞をおく。根研究学会学術功労賞および根研究学会学術奨励賞は、植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術の発展に寄与した根研究学会会員の研究を対象とする（すでに原著論文として発表されたもので、少なくともその一部が、根研究学会の研究集会・シンポジウムなどの会合、あるいは会誌などで会員に紹介されていること）。根研究学会学術論文賞は、植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術に寄与した根研究学会会員により「根の研究」または「Plant Root」に公表された論文を対象とする。なお発表形態（例えば、原著論文であるか総説であるか）を問わない。根研究学会学術特別賞は、植物の根およびこれを取り巻く環境に関する学術の発展に寄与した業績を対象とする。会員であるかどうか、また、業績の形態（例えば、出版物かどうか）を問わない。根研究学会優秀発表賞は、根研究学会の研究集会における優秀な口頭発表ならびにポスター発表を対象とする。
4. 根研究学会学術論文賞および根研究学会優秀発表賞を除く各根研究学会賞はいずれも会員もしくは関連分野の研究者などから推薦のあった対象について、根研究学会学術論文賞は「根の研究」または「Plant Root」の編集委員から推薦のあった対象について、いずれも評議員が審議し、その結果を踏まえて、会長および副会長が協議して決定を行なう。ただし、会長および副会長は、根研究学会学術論文賞および根研究学会優秀発表賞を除き、任期中に推薦すること、あるいは推薦されることができない。根研究学会優秀発表賞は研究集会内で決定を行なう。

以上

根の研究

第 28 卷 (2019 年) 総目次

【巻頭言】

会員の皆様へ	1(1)
会員の皆様へ	21(2)
会員の皆様へ	41(3)
会員の皆様へ	57(4)

【総説】

アーバスキュラー菌根菌の接種効果を決定する環境要因 神山拓也・佐藤匠	23(2)
---	-------

【原著論文】

低地温検定装置での発根・生育によるサツマイモ系統の低温耐性の評価 藏之内利和・高田明子・熊谷亨・片山健二	3(1)
スプレーポニックにおけるトマト‘華小町’の台木による多収化と根の特徴 定政哲雄・中野明正・佐藤信仁・安藤郁奈	43(3)
グライ土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの根系および倒伏に及ぼす影響 篠遠善哉・藤竿和彦・大谷隆二・丸山幸夫・松波寿典	59(4)

【報告】

第 50 回根研究集会発表プログラム	69(4)
第 50 回根研究集会発表要旨	76(4)

【情報】

第 50 回根研究集会のお知らせ	39(2)
カレンダー	10(1)
カレンダー	50(3)
菜根譚 野菜の根の話 3. SDGs と根系	9(1)
菜根譚 野菜の根の話 4. ビートに合わせて	38(2)
菜根譚 野菜の根の話 5. 長い根のビールが、地球を救う？	49(3)
菜根譚 野菜の根の話 4. 6. おいしい鍋ものに、根こぶ病に強いハクサイ	68(4)

【公示】

名簿データ登録(更新)のお願い	11(1)
根研究学会会則	13(1)
根研究学会学術賞規定	14(1)
『根の研究』投稿規定	15(1)
『根の研究』原稿作成要領	16(1)

『根の研究』論文審査要領	17(1)
国際誌 Plant Root に掲載の 2018 年の論文	18(1)
【会 告】	
第 50 回根研究集会のお知らせ	51(3)
2020 - 2021 年度 根研究学会会長選挙の結果について	55(3)
2019 年度 根研究学会賞の決定について	111(4)
2019 年度 根研究学会総会報告	115(4)
根研究学会学術賞規定の改定	119(4)
「根の研究」第 28 巻 総目次	120(4)

Root Research 根の研究

編集委員長	小川 敦史	秋田県立大学生物資源科学部
副編集委員長	中野 明正	農林水産省農林水産技術会議事務局
	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
編集委員	岩崎 光徳	農研機構・果樹茶業研究部門
	宇賀 優作	農研機構・次世代作物開発研究センター
	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
	神山 拓也	宇都宮大学農学部
	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
	松波 麻耶	岩手大学農学部
	松村 篤	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
	南 基泰	中部大学応用生物学部
	森 茂太	山形大学農学部
	山崎 篤	農研機構・九州沖縄農業研究センター

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 : neken2019@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28巻 第4号 2019年12月15日印刷 2019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

Original Paper

Effects of plowing on root system and root lodging of maize (*Zea mays* L.) in upland fields converted from paddy fields in Gleysol

Yoshiya SHINOTO, Kazuhiko FUJISAO, Ryuji OTANI, Sachio MARUYAMA and

Toshinori MATSUNAMI 59