

Root Research

Japanese Society for Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.31, No.S1
May 2022

第55回根研究集会要旨集

2022年6月4日 オンライン開催(千葉大学)

第31巻 別冊1号
根の研究
根研究学会(JSRR)



第 55回 根研究集会要旨集
(55th Biannual Meeting of JSRR on Line)

<日 時> 2022 年 6 月 4 日 (土) 9:00~17:00
June 4th, 2022(Sat.) 09:00~17:00
※懇親会 Web 開催で 18:00~20:00 を予定 (懇親会は参加無料です)

<場 所> オンライン開催のため各自の職場・自宅などからアクセスしていただきます。
Site: Access from your own site.

<プログラム概要 (予定) > Program (tentative)

6 月 4 日 (土)

09:00-9:10 受付 Registration (※おおよそこの時間にお入りください)

09:10-9:15 開会の挨拶 Opening remarks

09:15-10:30 招待講演 1 Special Lecture 1

高橋秀幸 (東北大学名誉教授)

「根研究への宇宙環境利用 -水分屈性の再発見からメカニズム解明に向けて-

10:30-11:45 招待講演 2 : Special Lecture 2

岩崎泰永 (明治大学農学部黒川農場 教授)

「養液栽培と根の研究 -地上部/地下部の統合的環境制御-

11:45-13:00 お昼休憩 Lunch break

13:00-16:00 口頭発表 (10 課題)

16:00-17:00 ポスター発表 (10 課題)

17:00-18:00 総会 (優秀発表賞の発表を含む)

18:00-20:00 懇親会 (Web において開催予定 : 懇親会の参加費は無料)

20:00-20:10 閉会の挨拶 Closing

<講演要旨提出, 問合せ先> Contact

中野明正 (千葉大) 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6 丁目 2-1 (柏の葉キャンパス)

E-mail : anakano@chiba-u.jp

Akimasa Nakano (Chiba University) 6-2-1 Kashiwa no ha, Kashiwa, Chiba, 277-0882, JAPAN



口頭発表, ポスター発表スケジュール

優秀賞 エントリー	口頭発表		発表代表者	題目
◎	13:00	01	宮下智貴	アマゾン川流域に分布する野生イネ <i>Oryza glum aepatula</i> の根系分布は水位上昇によって可塑的に変化する
◎	13:20	02	木下茉優	根の分岐構造と引き抜き挙動に関するモデル実験
	13:40	03	寺本翔太	深層学習を用いた根系セグメンテーションによるフィールドでのイネ根系の迅速定量化
	14:00	04	川勝貴史	人工環境下におけるオタネニンジン育苗条件の検討
◎	14:20	05	橋本叡信	リン局所施肥に対するコムギ異形根の形態的応答
◎	14:40	06	高見澤平九朗	露地野菜生産の安定化に向けた新規ドリップチューブの開発と評価
◎	15:00	07	黒見信輔	ヒノキ脱落根を月別採取する方法の検討-6か月間の培養試験から-
◎	15:20	08	金子祥也	二周波地中レーダを用いたスギ根系と石礫の同時検出
◎	15:40	09	今若舞	地中レーダ法による立木間中央の斜面崩壊防止力の評価
	16:00	010	森茂太	木本と草本に統一的な根系配分呼吸スケーリング

	16:00~17:00 ポスター発表	発表代表者	題目
◎	P1	依田明歩	低温によるシロイナズナ根の伸長抑制：根端に分布する活性酸素種の関与
	P2	長田武	シロイヌナズナにおけるビスマスによる根の細胞死
◎	P3	市川晴雪	アミロプラスト非依存的な光刺激によるシロイヌナズナ根の重力応答の増加
◎	P4	安栖永遠	地上部および根の切断がトマトの苗木の根滲出物量に及ぼす影響
	P5	遠藤いず貴	土壌圧縮が樹木の成長と根の動態に及ぼす影響
◎	P6	黒澤陽子	ブナ属3種に統一的な根系へのエネルギー配分スケーリング
	P7	小野賢二	マスバランスモデルを用いた森林生態系における細根動態の定量評価法に係る一考察
◎	P8	飛田まい	キュウリの養液栽培におけるケイ酸資材の簡易的導入法の効果
	P9	彦坂陽介	セミドライフォグ噴霧水耕システム“IKEUCHIPonics®”による高付加価値栽培と根の観察
	P10	大川千鶴	NSP栽培装置を用いた底面給液方式における根長増加によるイチゴ多収の可能性



招待講演 1 根研究への宇宙環境利用 ー水分屈性の再発見からメカニズム解明に向けてー

高橋秀幸

東北大学

(hideyuki.takahashi.e8@tohoku.ac.jp)

植物の根は水分屈性を発現して高水分側に屈曲伸長する能力を有すると言われてきたが、その科学的な証明は、1985年の水分屈性の再発見による。水分屈性は、重力屈性によって干渉され、その干渉の程度は植物種によって異なるが、重力屈性を消去または低下させることによって観察される。これらの水分屈性実験系の確立によって、水分屈性の発現機構に関する研究も進展し、そのしくみを重力屈性と比較できるようになり、水分屈性にユニークなメカニズムがわかってきた。宇宙実験による検証を重ねたキュウリの水分屈性では、水分勾配刺激に応答して、オーキシシンがPINを介した偏差的な輸送制御によって高水分側で多くなり、偏差成長が誘導される。一方、シロイヌナズナでは、重力屈性やキュウリの水分屈性と違い、オーキシシンは水分屈性の主体とならない。シロイヌナズナでは、水分屈性に必須な分子MIZ1とMIZ2が同定され、とくにMIZ1はABAとともに伸長領域の皮層で機能して偏差成長を誘導する。また、キュウリ型とシロイヌナズナ型のいずれの水分屈性も、重力屈性と異なり、根冠・分裂組織に依存しない。さらに、シロイヌナズナのMIZ1過剰発現体は、水分屈性能を著しく亢進し、半乾燥下での生存能力も高く、植物栽培への水分屈性能の活用が期待される。講演では、根の水分屈性に関するメカニズム研究の詳細と今後の課題、ならびに、これら根研究への宇宙環境利用について紹介する。



招待講演2 養液栽培と根の研究 ー地上部/地下部の統合的環境制御ー

岩崎泰永

明治大学農学部

(iwasakiy@meiji.ac.jp)

養分吸収の速度は根と肥料成分が接触する頻度に大きく影響される。土耕では、施肥量は窒素成分で $\text{kg}/10\text{a}$ のように量であらわされることが多いが、養液栽培では培養液の濃度（EC，電気伝導度， S/m ）であらわされることが多い。土耕では量で、養液栽培では濃度で、養分供給の管理が行われているように見える。中野ら（2006）は養液栽培において、ある期間に当たりに必要な量の肥料成分を与える養分管方法を提案し「量管理」と名付けた。土壌中では、根が近傍の肥料成分を吸収すると、その周辺土壌から肥料成分が移動して根の近傍の濃度が維持され継続的に養分吸収が行われる。この時、肥料成分の移動は拡散に依存する割合が大きいとされる。拡散速度は濃度に依存するので、土耕は実は濃度管理の側面をもつ。施肥量は吸収される量ではなく、根の周囲の養分濃度をある範囲に維持するために必要な量である。一方、養液栽培では、根の周囲の水が移動しやすく、養分の移動も速いので、吸収されやすい窒素やカリウムでは根の周囲の濃度がゼロとなるまで吸収され、与えた養分の「量」と吸収量が近くなる。このことは、養液栽培では量管理によって、供給する養分の量を調節することが可能であり、作物の生育をコントロールしやすいことを示している。施設栽培では、気温、湿度、 CO_2 など地上部の環境を積極的に制御し、光合成速度を高める環境制御技術が注目されている。しかし、それに合わせた養分管理の最適化にはあまり注意が向いていない。地上部、地下部の統合的環境制御技術の開発がのぞまれている。



◎01 アマゾン川流域に分布する野生イネ *Oryza glumaepatula* の根系分布は水位上昇によって
可塑的に変化する

宮下智貴*・塩野克宏

福井県立大学大学院生物資源学研究所

(*s2173015@g.fpu.ac.jp)

根系は環境に応じて可塑的に変化する。南米アマゾン川流域に分布する野生イネ *Oryza glumaepatula* は雨季に水位が 10 m 以上にも達する洪水頻発地域で生育することから (Akimoto et al., *Mol. Ecol.*, 1998), 栽培イネよりも優れた洪水耐性を持つと考えられる。しかし、水位が異なる水環境に適応するために *O. glumaepatula* がどのように根系を変化させるのかはわかっていない。本研究では *O. glumaepatula* が持つ高い洪水耐性機構の理解を目的として、水位の上昇が *O. glumaepatula* の根系分布に与える影響を調べた。実験には、*O. glumaepatula* (IRGC105668) と *O. sativa* (T65) を用いた。植物体は種子を 1 日間吸水させた後、排水条件、湛水条件 (水位 5 cm)、深水条件 (水位 27 cm) で約 30 日間生育させたものを用いた。根箱・ピンボード法 (神山ら, *根の研究*, 2017) により根系構成要素を壊さずに根系を採取し、乾燥重量と WinRHIZO により表面積を測定した。その結果、IRGC105668 では排水条件よりも湛水条件で地表根 (地表面付近に伸長する不定根) の割合が増加した。湛水条件よりも更に水位を上げた深水条件では排水条件と同程度の割合であった。一方、T65 の地表根の割合は全条件で同程度であった。また、IRGC105668 では深水条件で節間伸長が見られ、節から水中へと伸びる不定根 (水中根) が観察された。以上のことから、*O. glumaepatula* (IRGC105668) は水位の上昇に応じて、節の高さや根の分布領域を可塑的に変化させることで、多様な水環境に適応することが示唆された。

◎02 根の分岐構造と引き抜き挙動に関するモデル実験

木下茉優*・山口哲生

東京大学大学院農学生命科学研究科

(*kinoshita-mayu110@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

植物の根には地上部の支持という役割があり、その分岐構造が大きな寄与を与えている。しかしながら、分岐構造のどの要素がどの程度の寄与を与えるのかについては、必ずしも明らかではない。もし依存性を明らかにできれば、土壌強化アンカー等の工学的応用が期待される。本研究では、根の太さ、弾性率、土の水分条件が与える影響を定量的に検証するため、根を模した四分岐八の字型の 3D モデルを、異なる太さ、異なる材料 (樹脂・ゴム) にて 3D プリンタで造形した。土壌には粒径の異なるガラスビーズを混ぜたものを用い、乾燥状態と約 4% 含水した湿潤状態において、それぞれ根モデルを埋め込み、引き抜き試験を行なって荷重-変位関係を測定した。その結果、最大引き抜き荷重 F_{max} が材料の弾性率 (ヤング率) E および太さ (直径) D からなる曲げ剛性 $I = \pi ED^4/64$ でよく表されることを見出した。また、柔らかいゴムのモデルでは、変形により分岐した根がしぼんだ状態で引き抜かれる様子が観察された。さらに、 F_{max} は曲げ剛性の大きいモデルにおいて湿潤状態の方が乾燥状態に比べて大きくなるが、曲げ剛性の小さいモデルではそれほど差のない結果となった。これらの結果は、海浜植物のように含水率の小さな土壌に生育する草本植物の根系構造との相関を示唆している。

O3 深層学習を用いた根系セグメンテーションによるフィールドでのイネ根系の迅速定量化

寺本翔太・宇賀優作*

農研機構作物研究部門

(*yuga@affrc.go.jp)

土壌内の作物根系の分布は栄養分・水分の吸収のみならず、干ばつ・高温などの各種環境ストレスへの耐性にも関与する。しかしながら、フィールドの作物根系分布を測定する手法は限られる。このうち、塹壕法は植物の株元の土を削り取りその断面に認められる作物根系の分布を観察する手法である。他の手法と比較して、塹壕法は土壌中の広い領域の根系分布を一度に観測できる一方で、定量的な解析を行う場合は非常に労力がかかる。本研究では深層学習を用いて塹壕法より取得した画像からの根系分布の迅速定量化を試みた。イネ 10 品種 30 個体を畑作条件で栽培し、出穂前に塹壕法により写真を取得した。画像編集ソフト GIMP を用いて根系のラベル画像を作成し、U-Net(Ronneberger et al. 2015)型のモデルを用いて学習させた。色相、明るさ、コントラストなど、野外で写真を撮影する場合に影響し得るパラメータについてデータ拡張を行うことにより、幅広い条件の画像に対応させた。予測モデルの精度を検証するため、予測モデルおよび手動で抽出した根系画像を比較した。比較形質として、画像中の抽出した根系の 50%が株元から出現する深さおよび幅をそれぞれ Depth50 および Width50 と定義し用いた。それぞれ相関係数が 0.99 および 0.95 となり正の強い相関を示した。つぎに、確立した手法を用いて世界のイネ品種の根系分布多様性を定量化した。本研究は、JST CREST(JPMJCR1701)の支援を受けたものである。

O4 人工環境下におけるオタネニンジン¹の育苗条件の検討

川勝貴史^{1,2*}、福田直也¹

¹筑波大学大学院生命環境科学研究科、²株式会社ツムラ

(*kawakatsu_takashi@mail.tsumura.co.jp)

オタネニンジン¹は薬用人参などの名称で知られる落葉性草本で、地下部は漢方薬の原料(生薬)となる。圃場で 1~2 年間育苗した後に複数年栽培されることが多いが、入念な土作りを必要とし、連作障害が生じるなどの土壌に起因する課題が多く、苗の安定供給が難しい。そこで、環境制御下での養液栽培が解決策となると考え、1 年生の育苗条件を検討した。栽培室およびグロースチャンバーにおいて、光強度や気温と培養液濃度を組み合わせた栽培や、異なる水温での水耕栽培を実施した。光強度と培養液濃度を組み合わせた試験の結果、極端な弱光や養分の乏しい条件を除けば交互作用は認められず、幅広い条件において十分に肥大させることができ、根新鮮重は国際規格や一般的な圃場における値を上回った。また、気温と培養液濃度を組み合わせた場合にも交互作用は認められなかったが、25℃よりも 20℃で葉色や肥大が優れた。一方、気温 20℃の条件で水温を 20℃または 25℃として水耕栽培すると差はみられず、高い気温は葉の老化を促進し、結果的に根の肥大を抑制すると考えられた。以上を総合すると、20℃程度の環境制御下での養液栽培がオタネニンジン¹の育苗に有用な可能性があった。今後は重量以外の面も考慮して、養液栽培苗の評価を進める必要がある。

◎O5 リン局所施肥に対するコムギ異形根の形態的応答

橋本叡信^{1*}・林裕也²・成澤友香²・村上隼¹・青木博光¹・神山拓也¹¹宇都宮大学大学院地域創生科学研究科・²宇都宮大学農学部

(*mc226937@s.utsunomiya-u.ac.jp)

リンは限りある資源であるため、効率的な利用が求められる。植物はリンの局所施肥に対して、根を局所的に繁茂させ、生育を改善することが知られている。本研究では、異形根がリン局所施肥に対して示す形態的応答を調査した。透明なアクリル製根箱(40×24×2 cm)を平置きし、4つに区画した芝の目土にN(1.3g 乾土kg⁻¹)とK₂O(1.8g 乾土kg⁻¹)を均一に施用し、P₂O₅(0.6g 乾土kg⁻¹)を4つの各区画に【25:25:25:25(対照区), 0:33:33:33(0区), 50:17:17:17(50区), 75:8:8:8(75区), 100:0:0:0(100区)】の比で施用した。コムギ品種「農林61号」を根箱中央に播種して39日間栽培した。栽培後、根系を改良根箱ピンボード法で採取し、区画ごとかつ異形根ごと(種子根, 種子側根, 節根, 節側根)に分類した後WinRHIZOにより根長, 根径, 根表面積を測定した。種子側根に関しては、種子根の基部7~12cmで発生した分枝次元ごとの側根の数と長さを測定した。結果、分けつ開始期ごろまでは異形根の形態の内、種子側根長のみがリン局所施肥に応答した。種子側根の形態の内、リン局所施肥に、二次以上の側根では数と1本当たり根長がともに応答したのに対し、一次側根では1本当たり根長のみが応答した。以上の結果から、異形根間でリン局所施肥への応答が異なることが明らかになった。

◎O6 露地野菜生産の安定化に向けた新規ドリップチューブの開発と評価

高見澤平九朗^{1*}・木立昌宏²・中野明正³・浄閑正史⁴¹千葉大院園芸学研究科・²株式会社エンプラス・³千葉大IMO・⁴千葉大院園芸学研究院

(*htakamisawa@chiba-u.jp)

昨今の日本では降雨不足による畑作の不作により露地野菜生産が不安定化している。日本は多雨地域で、水田作を主体に農業が発展したため、畑地灌漑は水稻に比べ発展していない。しかし、野菜産出額が水稻を上回った現状、野菜作の安定水分供給システムが求められる。フラットタイプのインラインエミッタを装着した点滴チューブは主要な畑地灌漑設備であるが、従来製品は海外の大規模圃場を基準とし、高水圧での運用に対応する一方、小規模な日本の圃場では低出力ポンプでの灌漑に適応した仕様が望ましい。そこで本研究では、低出力ポンプでの灌水に対応した点滴チューブの流量試験および栽培試験を行った。対照区を現在主流な点滴チューブとし、新規の薄型エミッタの点滴チューブをTE区とすると、200mの流量試験で始端水圧を50kPaとした試験において、水圧が低くなった後半100m区間での対照区のエミッタ流量が約50~100%減少した一方、TE区では50~60%の減少であり、エミッタによる摩擦損失水頭の差から低水圧での一定以上の流量があった。栽培試験では、200mの点滴チューブによる始端および末端でのハウレンソウのプランター栽培を行ったところ、対照区末端ではエミッタ流量が0となり栽培不可能であった一方、TE区末端では灌水が行われ、収量が確保された。しかし始端においては、末端との流量差から両区とも湛水が発生し、TE区末端より収量が減少した。



◎07 ヒノキ脱落根を月別採取する方法の検討-6 か月間の培養試験から-

黒見信輔^{1*}・杵山哲矢¹・金子祥也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

(*kuromi.shinsuke.g1@s.mail.nagoya-u.ac.jp)

樹木根の中でも直径 2mm以下の根を細根と呼ぶ。樹木細根は養水分の吸収を担うとともに森林の純一次生産量の約 33%を占めている。また、樹木細根は枯死脱落し、年間細根枯死量は落葉量に匹敵するため、枯死脱落過程について知ることが土壌への初期炭素供給量の精度向上において重要である。しかし、樹木細根の枯死脱落過程については十分に理解が進んでいない。本研究はヒノキ細根の脱落過程の解明のため、より生育土壌条件に近い脱落根採取法の検討を目的とした。ヒノキ脱落根を月別採取する方法として提案されているガラスビーズ入り遠沈管を用いた方法に加えて、新たに開発したメッシュ袋を用いた方法を実施した。幸田ヒノキ林モニタリングサイトのヒノキ樹木 4 個体について 3~4 次根系を 6 個ずつ 2 種類の装置でヒノキ個体から切り離さずに 2021 年 9 月に設置した。2022 年 3 月まで現地培養を行い、毎月脱落根を回収した。また、2021 年 12 月にはヒノキ 4 個体について 2 根系ずつそれぞれの脱落根採取装置内の培養細根を回収した。脱落根、培養根ともに回数分類を行った上で根長や根直径などの形態的特徴を計測した。本発表では 6 か月間の培養試験について、脱落根量や脱落根と培養根の形態解析を行った結果について報告する。

◎08 二周波地中レーダを用いたスギ根系と石礫の同時検出

金子祥也^{1*}・谷川東子²・藤堂千景³・池野英利⁴・山瀬敬太郎³

・大橋瑞江⁵・檀浦正子⁶・杵山哲矢¹・黒見信輔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・

³兵庫県農林水産技術総合センター森林林業技術センター・⁴福知山公立大学情報学部

⁵兵庫県立大学環境人間学部・⁶京都大学大学院農学研究科

(*kaneko.sachiya.k0@s.mail.nagoya-u.ac.jp)

樹木には、根系の土壌緊縛力によって表層崩壊を防ぐ機能がある。根系の機能を評価するためには根系構造の把握が必要である。地中レーダ(GPR)法は、非破壊で繰り返し探査できる点で従来の掘削を含む手法と比較して画期的であり、近年樹木根検出への応用がなされてきた。一方、石礫が存在する土壌での GPR による検出精度の評価は行われていない。本研究では 800 MHz と 300 MHz の二周波 GPR を用いて、石礫と根系の同時検出およびその精度を算出・比較することを目的とした。名古屋大学稲武フィールドの樹齢 44 年のスギを用いて、同心円測線による GPR 探査で根系を抽出した後、根系の掘り取りおよび石礫の計測を行い、周波数・根の直径および深さごとに検出精度を算出した。800 MHz では根と石礫が両方検出され、300 MHz では石礫のみが検出された。また、根と石礫ともに直径が大きくなるほど検出率は向上した。一方、深さ 1 m 以深の石礫の検出精度は低かった。本結果から、石礫の多い土壌における GPR による根の検出には、石礫および根系を表す波形をそれぞれ区別する方法の必要性が示唆された。

◎O9 地中レーダ法による立木間中央の斜面崩壊防止力の評価

今若舞^{*1}・山瀬敬太郎²・平野恭弘³・谷川東子⁴・池野英利⁵・檀浦正子⁶・藤堂千景²・大橋瑞江¹¹兵庫県立大学大学院環境人間学研究科・²兵庫県農林水産技術総合センター森林技術センター・³名古屋大学大学院環境学研究科・⁴名古屋大学大学院生命農学研究科・⁵福知山公立大学情報学部・⁶京都大学農学研究科

(*enarutuz@gmail.com)

森林には斜面崩壊防止機能がありこの機能は樹木根によってもたらされる。そのため斜面崩壊防止機能を調べるには根の調査が必須であるが、この作業は多大な労力を要する。そこで近年、地中レーダ法という簡易に根の推定が可能な手法が提案されていた。しかしこの手法は未だ根の検出状況が不安定であるという課題を抱えている。そこで本研究は地中レーダ法を用いて根と推定される波形の抽出条件が斜面崩壊防止力の推定値に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。調査地は兵庫県神戸市北区六甲山系のアカマツ二次林とした。アカマツとヒサカキ間の立木間中央で地中レーダ法を実施した。また実際の根のデータを取得し、崩壊防止力を計算するため、同一地点で掘削調査を行い、根の位置、直径、伸長方向を計測した。そして根と推定される波形の抽出を1) 白と黒の色の違いに着目した条件、2) 双曲線の形に着目した条件の二つの場合で実施し、根の検出率を比較した。その結果、後者の条件下で検出率が向上した。その後、Wuモデル(1979)を用いて抽出した根の直径と本数データから土壌補強強度の算出を行った。その結果、掘削調査のデータによって求めた値に対するレーダ調査の推定値は1)の条件より2)の条件下で高い値となった。

O10 木本と草本に統一的な根系配分呼吸スケーリング

森茂太^{1*}・黒澤陽子¹・西園朋広²・山路恵子³・春間俊克³・土山紘平³・小山耕平⁴¹山大農・²森林総研・³筑波大・⁴帯広畜産大

(*morishigeta@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp)

全ての陸上植物は、個体毎に根系と地上部へエネルギーを分配し、水と炭素を獲得し多様な環境に適応している。根系/地上部への配分制御は、環境に応じた最適配分理論として議論されることが多い。一方で、この分配は体サイズに依存して変化することも広く知られている。しかし、これらの兼ね合いは未解決である。

草本と木本を通じた根系配分の意義を理解するため、草本と木本の発芽種子～(ほぼ)最大個体サイズのスケール幅で分布や系統を網羅して根系と地上部の呼吸が持ち得る範囲や傾向を比較した。材料には、発根種子～樹高 34mの巨木までシベリア～熱帯の多系統の草本と木本約 1500 個体を用いた。呼吸測定では、推定を一切行わず、大小の密閉式チャンバーを用いて、個体全体の根系と地上部の呼吸と重量を正確に実測した。個体重量と呼吸の関係は両対数軸上で、単純べき乗式、または混合べき関数式(2 漸近線をもち、ロジスティック成長曲線に変換可能な式)で回帰し比較した。呼吸の比較に際し 20°Cに温度補正を行った。

樹木も草本も種子貯蔵エネルギーは地上より根系に先行投資されることで、初期成長は根系が牽引した。成長終盤には、地上部呼吸の飽和に先行して根系呼吸の飽和が現れた。つまりところ【陸上植物の成長は根系に始まり、根系で終わる】のであろう。



◎P1 低温によるシロイヌナズナ根の伸長抑制:根端に分布する活性酸素種の関与

依田明歩・陽川憲*

北見工業大学

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

低温環境において植物の根の生長速度が遅くなる現象は広く知られている。この応答は、根端に蓄積するオーキシシンが減少し、根端分裂組織における細胞分裂速度の低下によることが明らかにされている (*Plant Cell Physiol.* 56:727-36, 2015)。しかしながら、根の低温感受からオーキシシン応答を結ぶメカニズムについては明らかになっていない。本研究では、低温ストレスをはじめとした非生物学的ストレスに密接に関わる活性酸素種に着目した。4°Cの低温処理を施したシロイヌナズナ根 (*Arabidopsis thaliana* L.) を用いて、伸長速度と根端から伸長領域における活性酸素種 (スーパーオキシドまたは過酸化水素) の分布を調べた。低温応答における活性酸素種の関与を調べるため、スーパーオキシド生成酵素である NADPH オキシダーゼの変異体を用いて Col-0 との根の伸長比較を行った。さらに、低温処理開始 6 時間後、根端分裂組織においてスーパーオキシドの蓄積と過酸化水素の減少が見られ、根端の活性酸素種分布の変化が観察された。興味深いことに、静止中心付近の細胞に特異的な過酸化水素の蓄積を見いだした。これらのことから、活性酸素が低温における根の伸長抑制に関与することが示唆された。

P2 シロイヌナズナにおけるビスマスによる根の細胞死

長田武*・西村信人

摂南大学理工学部

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

ビスマス (Bi) は化粧品、半導体などに用いられるほか、鉛の代替品としても利用が広がっている。しかし、環境基準がなく殆どの農耕地の濃度は不明であり、植物への影響も解明されていない。そこで、我々はシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) を用いて、Bi による植物への影響の解明を目的としている。現在までに、根端コルメラ細胞のアミロプラストが 1 μ M および 2 μ M Bi 処理によって消失し、Bi によって重力感知が妨げられる可能性を明らかにした。本研究では、根端への影響、特に細胞死が生じているか検討を試みた。

種々の Bi 濃度を含む寒天培地上にシロイヌナズナ col-0 を播種し、2 週間後の根について調べた。まず、Perls 溶液を用いて根端の鉄を染色した結果、Bi 濃度 1 μ M で鉄の局在が消失し、2 μ M で鉄が過剰に蓄積することが観察された。次に、エバンスブルー溶液を用いて死細胞を染色した結果、Bi 濃度 1 μ M および 2 μ M ではメリステム領域の細胞が濃青色を呈した。その一方で、成熟領域の細胞は Bi 濃度による影響が認められなかった。これらの結果から、Bi による細胞死への誘導は、特に根端で惹き起こされたと考えられる。以上から、Bi は根において重力感知や鉄蓄積の攪乱だけでなく、細胞死を誘導する強い植物毒性を惹起することが示唆された。

◎P3 アミロプラスト非依存的な光刺激によるシロイヌナズナ根の重力応答の増加

市川晴雪・陽川憲*

北見工業大学

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

根の重力屈性は、コルメラ細胞内のアミロプラスト(デンプン粒)の沈降によって根が重力方向を認識するデンプン平衡石仮説が広く支持されている。これまでにシロイヌナズナやトウモロコシの根の重力屈性が光照射によって強まることが報告されているものの、光とアミロプラストの関係についてはあまり研究がなされていない。本研究では、光の有無で変化する根の重力屈性とアミロプラストのサイズの相関を調べた。明所または暗所生育の幼植物根(Col-0)の間でアミロプラストの面積と重力屈性に相関がみられ、光が屈性を強めることが確認された。しかし、光情報伝達因子 *HY5* 変異体(*hy5*)を用いた実験では光による重力屈性の増加は確認されなかった。さらに、アミロプラストのない変異体(*pgm-1*)も光により明所で生育した野生型(Col-0)と同程度の根の屈曲が見られた。今回、根への光の影響をより明らかにするため、3D プリンターで根部のみを遮光するカバーを製作した。装置を用いて遮光した根(Col-0)と露光した根の間ではアミロプラストの総面積には差がないにも関わらず、遮光した根の重力屈性は有意に弱かった。今回の結果から、アミロプラストの増減はシュート部への光によることと、根の重力応答の増加は根に発現する *HY5* が関与することが示唆された。

◎P4 地上部および根の切断がトドマツの苗木の根滲出物量に及ぼす影響

安栖永遠^{1*}・石塚航²・遠藤いず貴^{1,3}・井手淳一郎¹¹ 公立千歳科学技術大学・² 北海道立総合研究機構・³ 兵庫県立大学

(*m2220300@photon.chitose.ac.jp)

森林において、樹木の根滲出物は微生物の活性を高め、土壌からの CO₂ 放出量を促進させる働きがあるとされる。しかし、フィールドでの根滲出物採取は土壌有機物により試料が汚染されやすく、試料採取が難しいため根滲出物量の実態は不明である。この試料汚染を防ぐためには、フィールドで採取した根の試料を持ち帰り、室内等で根滲出物を採取する方法が有効であると考えられる。しかしこの場合、樹木の根を切断して採取する手順を踏むが、地上部の切断は根滲出物量に影響する可能性がある。以上を踏まえ本研究では、地上部の切断による根滲出物量への影響を調査することを目的とした。2年生のトドマツ(*Abies sachalinensis*)の苗木を使用し、細根を対象に根滲出物の放出量を評価する実験を行った。実験系の処理区として、地上部が有る場合、地上部が無い場合、根の一部を切り出した場合を設定した。根滲出物の採取法は、湿らせたガラス繊維ろ紙2枚で対象根を挟み込む方法を用いた。その後、元素分析装置を用いてガラス繊維ろ紙中の炭素含量を分析し、根滲出物量を算出した。その結果、根滲出物量の平均は地上部有り:0.682mg±0.721 C g⁻¹ h⁻¹、地上部無し:1.177±1.007mg C g⁻¹ h⁻¹、根の一部を切り出した場合:0.622±0.989mg C g⁻¹ h⁻¹であった。放出量は既往研究と比較して同等であったが、地上部の切断により根滲出物の放出量は増大する傾向を示した。

P5 土壌圧縮が樹木の成長と根の動態に及ぼす影響遠藤いず貴^{1,2*}・中路達郎³・刀祢翔太²・井手淳一郎²¹兵庫県立大学・²公立千歳科学技術大学・³北海道大学

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

森林施業において用いられる高性能林業機械による土壌圧縮や、登山や散策などのレクリエーションに伴う踏圧、乾燥や豪雨等の環境変化に伴う表面土壌の流出は、森林内の土壌を硬化させる恐れがある。土壌の硬化により、樹木成長に欠かせない細根の成長や枯死といった動態に影響がおよぶことが懸念されるが、その詳細は明らかではない。本研究ではニホンカラマツの一年生苗木を異なる土壌圧縮条件下で育成し、土壌圧縮が樹木の地上部と地下部の成長量および細根の形質や動態に与える影響を明らかにすることを目的とした。実験は北海道大学の苫小牧研究林で行った。ガラス水槽に土壌密度 0.80 g/cm³(対照区)と 1.20 g/cm³(圧縮区)になるように土壌を充填し、ニホンカラマツの苗木を植栽した。植栽して約 1 年後の 2019 年 4 月から 11 月までの 8 カ月間、ガラス水槽の外側から 1 個体につき 2 面をフラットベツトスキャナーで月 1 回スキャンし、根を含む土壌断面の画像を取得した。実験終了後に幹直径、地上部・地下部重量を測定し、地上と地下部の比を算出した。土壌断面画像から根を手動で抽出し、画像解析ソフトを用いて根の成長と枯死分解速度を解析した。その結果、圧縮区の幹直径、地上部・地下部重量、細根の現存量、成長・枯死分解速度は対照区に比べて有意に低かった。土壌圧縮により細根生産が抑制され、樹木全体の成長が抑えられることが示唆された。

◎P6 ブナ属3種に統一的な根系へのエネルギー配分スケーリング黒澤陽子^{1*}・森茂太¹・西園朋広²・山路恵子³・春間俊克³・土山紘平³・小山耕平⁴¹山大農・²森林総研・³筑波大・⁴帯広畜産大

(*yokokurosawa.c@gmail.com)

樹木は、呼吸で生じるエネルギーを根系(水獲得)と地上部(炭素獲得)に配分することで成長を維持している。根系・地上部へのエネルギー配分制御機構は、光・水環境に応じた最適配分理論や系統間差に着目する議論が多いが、配分は環境・系統だけでなくサイズに応じて変化する。しかし、根を含む個体呼吸を種子～成木まで実測した研究は無く、環境・系統とサイズによる制御の兼ね合いは未解明である。そこで、本研究はブナ属3種を対象に、被陰～優勢個体を含む種子～成木 455 個体の根系と地上部の呼吸をチャンバー密閉法で測定した。これにより、ブナ属におけるサイズによる配分制御の統一性を検討した。この結果、配分に明確な環境・系統間差は無く、両対数軸上の「根系呼吸一個体重量」の関係は上に凸、「地上部呼吸一個体重量」の関係は下に凸の非線形式でモデル化された。これは、種子のエネルギーが根系成長に優先的に配分され、その後、成木になるにつれて根系への配分が抑制されることに起因する。

以上の結果は、成長初期の急速な根系成長が個体成長を牽引し、成木期終盤に根系成長が飽和すると個体成長が飽和し始めることを示唆している。これは、根系と地上部へのサイズに応じたエネルギー配分シフトが、ロジスティック成長曲線生成要因の一つであることを示唆している。



P7 マスバランスモデルを用いた森林生態系における細根動態の定量評価法に係る一考察

小野賢二・国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所・連絡先(don@ffpri.affrc.go.jp)

諏訪鍊平:国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・連絡先(swrrmp@affrc.go.jp)

藤本潔:南山大学・連絡先(kfuji@nanzan-u.ac.jp)

普段目にする機会が少ない地下部で生産される樹木細根の動態は、陸域、汽水域に関わらず森林生態系における炭素動態を考える上で、古来大きな関心事である。地下部細根動態の評価法として、連続コアサンプリング法やイングロースコア法などにより、従来調査・解析されてきた。即ち、任意の期間経過後に蓄積(増加)、または枯死・分解(減少)した生根や枯死根そのものを秤量することで、細根生産速度が評価されてきた。一方で、これらでは、一定期間経過過程で発生した細根(枯死根)の分解が考慮されて居らず、生産速度が過小評価される可能性も包含していた(Fujimoto et al. 2021)。Osawa & Aizawa (2012)は、連続コアサンプリング法、またはイングロースコア法に、根リターバック法を組み合わせ、生根の生産、枯死過程に加え、分解過程も組み込んだマスバランスモデルを提示し、陸域森林生態系の全細根動態の評価法を提案した。同様に、Fujimoto et al.(2021)も、西表マングローブ林における細根動態を評価し、細根動態を考える上で枯死根の分解過程は無視し得ないとした。本発表はFujimoto et al. (2021)とOsawa & Aizawa (2012)における細根動態モデルの基本構造を比較・解説し、両者の共通点、相違点を紹介する。また、任意期間の試験により得た細根分解速度から、日分解量、年分解量を算出する際の留意点(日・年生産速度、枯死速度の算出法の相違点)についても紹介したい。

◎P8 キュウリの養液栽培におけるケイ酸資材の簡易的導入法の効果

飛田まい^{1*}・浄閑正史²・塚越覚³・中野明正⁴

¹千葉大院園芸学研究所・²千葉大院園芸学研究院・³千葉大環境健康フィールド科セ・⁴千葉大 IMO

(*tobi19sasakama@chiba-u.jp)

キュウリにおいてケイ酸施用によりうどんこ病などの病害抵抗性が向上することが知られており、キュウリ栽培でのケイ酸利用を見直すべきである。そこでキュウリ養液栽培において水稲用ケイ酸資材をネットに入れて培養液に投入するだけという簡易な手法を考案し、キュウリの生育、果実品質、病害抑制効果について評価した。

培養液中のケイ酸濃度は+Si区で増加した。茎葉中のケイ酸濃度は-Si区と比べ+Si区で高く、培養液中のケイ酸を吸収していたことが示された。キュウリの生育については、+Si区において地上部乾物重と地下部乾物重が増加した。ブルームの発生は+Si区で認められた。うどんこ病は、-Si区、+Si区ともに発生を確認した。株当たりのうどんこ病の発生葉割合および被害葉面積は、-Si区に比べ+Si区で減少した。1葉当たりの被害面積についても、-Si区は葉面積の0~60%に病斑が広がっていたが、+Si区ではほとんどが葉面積の0~20%の被害にとどまった。+Si区における植物体中ケイ酸濃度の増加がうどんこ病被害軽減の要因と考えられた。以上の結果より、プラスチックネットにケイ酸資材を入れて培養液に投入するという簡易な手法でキュウリ植物体中のケイ酸濃度を高めることができ、うどんこ病被害の軽減効果が認められた。



P9 セミドライフォグ®噴霧水耕システム“IKEUCHIPonics®”による高付加価値栽培と根の観察

彦坂陽介*

株式会社いけうち アグロ事業部

(*y-hikosaka@kirinoikeuchi.co.jp)

養液を特殊なノズルで平均粒子径 20~30 μ m のセミドライフォグ®化し根域に充滿させるセミドライフォグ噴霧水耕システム(商品名:IKEUCHIPonics®, IP, いけうち社)は、培地や湛液部がないことから根全体が空気に曝される気相根となることが特徴であり、微細な養液霧を捕集するため、トマトにおいては分枝根と根毛の著しい発達が見られる。IP では噴霧サイクルの設定により根域の水分環境を劇的に変化させることが可能であるため、ストレス強度を自在にコントロールすることにより株へのダメージリスクを抑えながら高糖度栽培などに取り組むことができる。いけうちでは IP の営農実証として自社農場(40a, 兵庫県西脇市)で中玉トマトを生産しており、2021年は31tを生産、出荷した。糖度8以上となるようストレスを管理しているが、今後は40t以上に収穫量を伸ばしつつGABAなど機能性成分含有量も高められるような栽培管理を目指す。また、他の水耕栽培とは異なる根系を形成することについて、IPは根の観察が容易であること、栽培状態のまま取り出すことが可能であること等を活用し、その形態的あるいは生理的な機能、特長について調査することで、より生長や二次代謝等を促進させる根域環境制御を作物ごとに構築、マニュアル化することが今後の大きな課題である。

P10 NSP 栽培装置を用いた底面給液方式における根長増加によるイチゴ多収化の可能性

川口哲平*・大川千鶴・タエッ・タヤピー・アウン

ヤンマーグリーンシステム株式会社

(*teppei_kawaguchi@yanmar.com)

底面給液方式による養液栽培システムであるNSP栽培装置(ヤンマーグリーンシステム株)では、トマトの安定生産・高糖度化を実現する装置として、商品販売が進められている。ヤンマーグリーンシステム株では、他品目への応用を進めており、イチゴの栽培を行った。

種子繁殖性の四季成り性品種である‘よつぼし’と、苗で増殖した一季成り性品種である‘恋みのり’を用いてその生産量を評価した。結果、‘恋みのり’においては点滴給液法で901g/株に対して底面給液法で1,310g/株と顕著な収量増加が認められた。一方‘よつぼし’においては、収量増加は認められなかった。地上部の収量と栽培終了時の根長を比較したところ、極めて高い正の相関が認められた($R^2=0.998$)。

イチゴは品種により根の成り方が違うことが言われている。底面給液方式により、根域の成長を促し、多収化を実現するため、品種とのマッチングの検証を進めていくことが重要と考えられた。

Root 根の研究 Research

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 : neken2022@jsrr.jp

根研究学会ホームページ <http://www.jsrr.jp/>

根の研究 第31巻 別冊1号

2022年 5 月 30 日印刷 2022年 5 月 31 日発行

発行人: 中野明正 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-2-1

千葉大学 学術研究・イノベーション推進機構

編集・印刷: 第55回根研究集会実行委員会(委員長 中野明正)



Root Research

Japanese Society for Root Research