

不均一にリンが分布した土壌におけるトウモロコシの生長  
—根系の可塑的な変化はどこまで適応的か?—

久米 貴志\*・矢野 勝也

(名古屋大学大学院生命農学研究科)

植物は不均一な土壌環境から養分を獲得している。植物の根が養分濃度の高い土壌空間(養分パッチ)で形態や生理を大きく変化させるのは、この不均一性に対処するための適応戦略と考えられている。しかし、このような根の“行動”にはコストと利益の両方が付随し、実際にはこの両者のバランスによって適応性が規定される。これまで私たちは、養分のパッチサイズに応じてこのバランスが変化すると予想し、同量のリンが利用可能な条件にも関わらず、パッチサイズを細かくするとトウモロコシの生長量が減少する結果を得た。その根系形態を解析すると、パッチサイズの大きな土壌ほどパッチの内・外における細根発達の差異が顕著であるのに対し、サイズが小さくなればその差異は消失することがわかった。これは、パッチサイズの減少によってリンの乏しいパッチ外にまで根が可塑的に発達したためと思われる。そこで本報告では、パッチ外へ発達する根を抑制すれば、可塑的に発達した根が全てリン吸収に寄与できるため、パッチサイズによる個体生長量の差異は生じないとの仮説を検証した。

＜材料と方法＞

実験は1/5000 a ワグネルポットに黒ボク土を充填し、下図に示すようにN・K分画および+P分画、-P分画を設定した。N・K分画はプラスチック板によって他の分画と遮断した。アミ処理では+P分画と-P分画の間には金網が存在するが、隣接する分画へ根は自由に伸長できる。逆に仕切り処理ではプラスチック板を用いて隣接する分画への根の伸長を阻止している。硫酸および塩化カリはN・K分画に、過リン酸石灰は各処理の+P分画に均一に施用した。このように調製した土壌にトウモロコシ(3葉齢)を移植した。ガラス室にて45日間生育させた後サンプリングを行った。なお、3日おきに生育調査を行い、同時に圃場容水量まで灌水を行った。根系は+P分画と-P分画に分けてサンプリングし、地上部と同様に乾物重およびリン含量の測定に供試すると同時に節根の本数および基部から約1cmの部位での節根の直径を調査した。

＜結果と考察＞

個体全体の乾物重はアミ処理に比べ仕切り処理で高くなった。また、アミ処理・仕切り処理の両方で4分割や8分割よりも2分割区で値が高くなった。根の乾物重に着目すると、全面施肥を除く全ての処理において、+P分画で-P分画よりも高い値が得られた。移植後45日目における節根の発生数および直径は、仕切り処理の2分割区においてのみ-P分画に比べ+P分画で高い値を示した。

以上の実験結果から、仕切りの導入によって、パッチ外にまで発達する根を抑制することで個体生長量が増加し、リン吸収効率の向上・過剰な可塑性コストの抑制効果が認められた。しかし、仕切りの導入によっても、なおパッチサイズの大きな処理区ほど生育量に優れる傾向が認められ、特に2分割区では発生する節根数に差異が生じていた。このことは、トウモロコシ個体が土壌中におけるリン資源の空間的な偏りを感じ、その存在方向へ優先的に節根を発生させた可能性を示唆している。

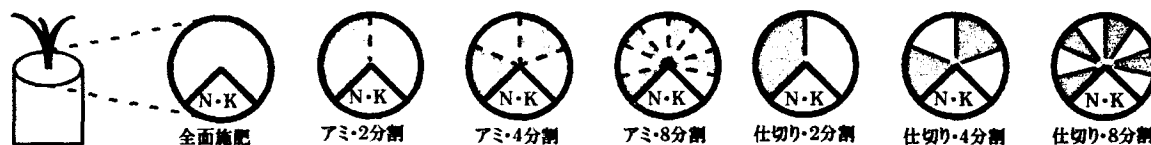


図. 上面から見たリン酸施肥様式の模式図。窒素・カリウムはN・K分画に、過リン酸石灰は黒い部分に施用した。

## 根冠は根が受ける土壌の抵抗を40%減少させる

飯嶋盛雄\*・樋口俊文・Peter Barlow<sup>1</sup>・Glyn Bengough<sup>2</sup>

(名古屋大学大学院生命農学研究科・<sup>1</sup>ブリストル大学農学部, UK・

<sup>2</sup>スコットランド作物研究所, UK)

\* 連絡先 E-mail: [mijima@agr.nagoya-u.ac.jp](mailto:mijima@agr.nagoya-u.ac.jp)

植物の根冠は、細胞脱落や粘液分泌によって土壌の機械的ストレスを緩和する働きを持つことが指摘されてきた。しかし、根冠が土壌の抵抗をどの程度、減少させているのかはこれまでに全く検討されていない。本研究では、根冠切除法によって根冠が機械的抵抗の何%を減少させているのかを定量的に明らかにすることを目的とした。

**材料と方法:** トウモロコシ (Mephisto) を供試し、幼植物種子根の生長速度に関する試験 (実験1) と根の生長圧に関する試験 (実験2) を行った。実験1では、解剖用メスによって根冠を除去した個体 (根冠除去区) と除去しない正常個体 (インタクト区) の種子根を2段階の硬さ (土壌容積重  $0.80 \text{ g cm}^{-3}$  の対照区と土壌容積重  $1.40 \text{ g cm}^{-3}$  の圧縮区) に調整した土壌で24時間生長させた。サンプリング後直ちに種子根の生長量と根端近傍の直径を測定した。実験2では、種子根が圧縮土壌へ貫入する時に発揮される根の生長圧と根端部の肥大程度を測定した。なお、土壌の機械的抵抗は金属探針 (頂角  $30^\circ$ 、貫入速度  $1 \text{ mm min}^{-1}$ ) の直径が  $0.98 \text{ mm}$  の針型貫入硬度計によって測定した。

**結果と考察:** 対照条件下 (土壌の機械的抵抗は  $0.06 \text{ Mpa}$ ) では、根冠除去区とインタクト区の根の生長速度と根の肥大程度には差を認めなかった。それに対して圧縮条件下 ( $1.06 \text{ MPa}$ ) の根冠除去区では、根の伸長速度はインタクト区のその約50%、また根端の肥大程度は同じく130%になった (実験1)。すなわち、土壌の機械的ストレスによって根冠を持たない根がより大きな生長阻害を示すことが明らかとなった。 $0.96 \text{ Mpa}$  の土壌抵抗を示した圧縮土壌中へ根を貫入させたところ、根の生長圧はインタクト区では  $0.31 \text{ Mpa}$ 、根冠除去区では  $0.52 \text{ Mpa}$  であった (実験2)。すなわちインタクト区の根が受けた抵抗 (根の生長圧の反作用) は、金属探針で測定した土壌抵抗の約  $1/3$  であったのに対して、根冠除去区では  $1/2$  以上であった。一方、両区の生長圧を比較すると、インタクト区は根冠除去区の60%であった。すなわち、本実験で用いた土壌の機械的ストレス条件下では、トウモロコシ種子根の根冠は土壌の抵抗の約40%を減少させる働きを持つことが明らかとなった。これは根冠から分泌される粘液と境界細胞の働きによるものと推定できる。

## トウモロコシの根系機能の指標としての生体電位と出液速度の比較(続報)

森田茂紀<sup>1)</sup>・市丸和世<sup>1)\*</sup>・阿部淳<sup>1)</sup>・本間知夫<sup>2)</sup>・山岸順子<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>東京大学大学院農学生命科学研究科,

<sup>2)</sup>東京医科歯科大学難治疾患研究所

(\*E-mail: a90268@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

作物栽培を改善していく場合、根系機能のモニタリングが必要であり、いくつかの方法が考案されている。出液速度は、根系を掘り出さずに比較的容易に測定できるが、莖葉部を切除するため、同一個体について継続して測定する事は難しい。一方、生体電位は、根を掘り出さずに測定できるが、基盤となる生理現象について不明なところが多い。しかし、生体電位は出液と動態に共通点があり、根系の生理的活性の指標となる可能性が高い。そこで前年度に引き続き、生体電位と出液速度との関係について検討した。

### 【材料と方法】

材料として用いたのは、東京大学農学部附属農場において慣行栽培したトウモロコシ(デントコーン)である。2000年7月1日に条間72cm、株間22.5cmの栽培間隔で播種し、播種後38日目(出穂前)、45日目(雄穂出穂後)、47、53、63日目(以上雌穂出穂後)から、それぞれ3~6日間、生体電位の計測を行った。すなわち、それぞれ2~3個体について、土壌表面より高さ5~10cmの莖の節間部分に刺入した注射針(テルモ21G)に一方の電極を、また他方の電極を土壌中にさした素焼きのポットと連絡させ、生体電位を測定した。また、生体電位が安定した後、針の刺入部より1~3cm上の部位で莖葉部を切除し、出液速度を測定した(森田・阿部, 1999)。さらに、ポット栽培したトウモロコシ(同品種、同年9月5日播種)についても、播種後44日、47日、52日、55日目から、圃場の場合とほぼ同様にして、生体電位と出液速度の測定を行った。

### 【結果と考察】

生体電位と出液速度との間には、生育速度を通じて比例的な関係が認められ、出液速度が高いほど、電位は高く(0に近く)なった。ただし、前報(本間ら, 1999)では、雄穂出穂後に両者の関係が明らかでなくなったが、今回は、全生育期間を通じて同様の関係が認められた。また、根の一部を切断して根量を制限したところ、切断方法によって推移に差はあったが、いずれの場合も、電位はプラスの方向に変化する傾向が認められた。以上の結果から、生体電位は、根量を含む根茎全体の生理的活性を評価するための指標となる可能性が高いと考えられる。今後は環境条件の影響なども含めて検討していく予定である。

【謝辞】本研究に試供した圃場のトウモロコシの栽培および気象データは、東京大学農学部附属農場技術官の鷲頭登・市川健一郎・佐々木ちひろの皆様にも全面的にお世話になったので、ここに感謝の意を表す。

【文献】本間知夫・森田茂紀・阿部淳・山岸順子(1999) 根の研究8(4):149.

森田茂紀・阿部淳(1999) 根の研究8(4): 117-119.

## 根量評価指標としての静電容量の検討

本間知夫<sup>1)</sup>・松本直也<sup>2)</sup>\*・森田茂紀<sup>2)</sup>・阿部淳<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 東京医科歯科大学難治疾患研究所, <sup>2)</sup> 東京大学大学院農学生命科学研究科

(\*E-mail: a90079@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

根量は根の研究における基本的な形質であり、それ自体が重要であるばかりでなく、根系全体の機能について検討する場合の基準としても必要なデータである。しかし、これまで利用されてきた様々な根量測定法は、多くの時間や労力を必要とするものがほとんどである。特に、同一個体について継続的に根量を推定することは難しいため、根量の非破壊的な推定法の開発が期待されている。そこで、本研究ではトウモロコシを材料として静電容量(キャパシタンス)を測定し、根長や根重の評価指標としての有効性について検討した。

### 【材料と方法】

材料として用いたのは、東京大学の温室において深さ30cmの1/5000aポットで栽培したトウモロコシ(デントコーン)である。2000年6月12日に播種し、播種後16日目、22日目、30日目、43日目、53日目の計5回、それぞれ数個体について静電容量の測定を行った。静電容量の測定にあたっては、陽極は土壤中に挿入した銅の棒に取り付け、陰極は茎に刺した注射針に取り付けた。また、土壤水分含量による影響を避けるために、十分に灌水してから測定を行った。そのほか、生育の途中でいねいに洗い出した根系を水につけた状態で静電容量を測定した後、根系の約半分あるいは全部を茎から切除し、それぞれの静電容量を測定し、根量と静電容量との関係を検討した。静電容量を測定した個体については、70%アルコールにつけて保存して、後日ルートスキャナで根長を測定した後、乾物重を測った。

### 【結果と考察】

生育初期においては、静電容量と根長あるいは乾物重との間に相関関係が認められた。しかし、播種後30日目以降は根量の増加が続いたにもかかわらず、静電容量の値はほとんど変わらなかった。また、陽極の位置(植物体からの距離)は静電容量の値に影響を及ぼさなかったが、植物体に陰極を取り付ける高さによって静電容量の値は異なり、地上から6cmの高さに取り付けた時より茎の基部側に取り付けた時の方が値は大きかった。また、根系を水中につけた状態で静電容量を測定した後、根系を約半分切除しても、全部切除しても、静電容量の値に大きな変化は見られなかった。以上の結果から、静電容量は直接根量と関係があるのではなく、その他の部分、例えば通電する茎の体積や表面積と関係があり、それらの形質と根量との間に生長相関があるため、静電容量と根量との間に見かけ上の相関関係が認められるのではないかと考えられる。静電容量と直接関係がある形質については今後さらに検討していく予定であるが、いずれにしても生育初期においては、静電容量を指標として根量を評価することができる可能性がある。

## セル成型苗における移植直後の根の生育

吉田 敏(九州大学生物環境調節センター)

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 E-mail: yochi@agr.kyushu-u.ac.jp

園芸作物の苗生産で一般に普及しているセル成型苗は移植適期が短く、根鉢の形成、地上部の過繁茂および徒長を起こして移植後の生育が不良となる、いわゆる「苗の老化」を生じやすい(佐藤, 1997)。セル成型苗の育苗に用いられるトレイは小さなセルが多数集まった形状であることから個体間の距離が短く、根域が小さく制限されている。本研究は、セル成型トレイの厳しい根域制限が苗の品質低下の最も大きな要因のひとつであろうとの観点から根の生理的機能を介して苗の品質維持に有効な知見を得ることを目的としている。

キャベツ(品種:おきな)の種子を128穴のセル成型トレイに播種し、ファイトトロンガラス室(気温20℃・湿度70%RH)で生育させた。ここで、根系(根鉢)の呼吸速度を播種後3~6週間の苗で計測した結果、根の呼吸活性は播種後6週間まで生育にともなって大となり、セルの中で根量が増えつづけていることが示された。しかし、同齢の苗において地上部を切除し、その溢液液の出液速度を計測すると播種後4週間までは生育にともなって出液速度が増加するものの、移植適期を過ぎた播種後5週目以降になると出液速度が増えなくなることが示された。このような老化苗における活性の停滞を防ぐために、苗質を長期間維持する貯蔵技術も検討されている(古在ら, 1996)。

苗の品質向上とは本来、育苗期に良好に生育させることよりもむしろ移植後に良好に生育する資質をもつ苗を生産することであろう。そこで、播種後2, 4および6週間のキャベツセル成型苗における移植直後の根の生育を調べた。その結果、播種後2週間の苗では主根あるいは2次根と思われる数本の根の著しい伸長と、この根から細く短い3次根および4次根と思われる根の発生がみられた。これに対して、移植を遅らせた苗では根鉢から細く短い分岐根が大量に発生することがわかった。すなわち、苗の老化が進むと移植後に根が分岐する傾向が強くなり、根系全体の根量は遜色ないものの根の伸長が抑えられて土壤中の深い部分への根系分布が困難となることが示唆された。さらに、移植後に長い生育期間を経た後も根系分布が浅い土壌域にとどまる状況は改善されないようである(吉岡, 1996)。

セル成型トレイを用いた育苗では慣行法と比べ、狭い根域で根の伸長が抑えられて分岐根の発生が多くなることが指摘されている(吉岡ら, 1998)。このことと移植後の根系分布が土壌の浅い領域にとどまることとの関連が推測される。そこで、老化苗の根鉢を部分的に切除することによって側根を少なくして移植してみると、移植直後の発根数は少ないものの長く伸長して細い分岐根をもつ根の発生がみられ、移植後の根系構造を改善する可能性が示された。しかし、このような乱暴な処理では移植後の植え傷みによる生育停滞が起こり、収量低下も危惧される。そこで、園芸的ケミカルコントロールなど、より安全かつ効果的な方法を開発するための検討を始めた。以下はその一例である。キャベツ・ハクサイ等の生産場面において、根域制限用塗料(根の伸展を抑制する化合物を含む:商品名スピニアウト™, Griffin Corporation/長瀬産業株式会社)をセル成型トレイに塗布して根鉢の形成を抑制すると移植後の生育が良いことが知られている。そこで、この化合物を塗布したトレイと無処理トレイを用いてキャベツセル成型苗の移植直後の根の生育を比較した。その結果、塗布トレイでは移植後に発生する根量は若干少なくなったが、播種後4週間で移植した苗では根系構造が改善される傾向が認められた。しかし、播種後6週間となり苗の老化が著しく進んだ場合はあまり効果がみられなかった。

今後、老化苗における移植後の根の伸長抑制の原因を解明するとともに、形成された根系の養水分吸収機能など生理的活性について明らかにして、セル成型苗における移植後の根系構造を改善する方法を確立したい。本研究により、セル成型苗において移植直後の根の生育を促進して根系を土壌深く分布させる技術を確立することは、乾燥地農業や砂漠緑化など多方面にセル成型苗技術を応用することにつながる課題であるといえよう。

\*本研究の一部は平成12年度科学研究費補助金:基盤研究(C)(2); 課題番号 12660237 により遂行された。

## シロイヌナズナの根の水分屈性実験系

高橋信行, 高橋秀幸

東北大学遺伝生態研究センター

仙台市青葉区片平 2-1-1

## はじめに

水分屈性は植物の根が周囲の水分勾配刺激を受容して高湿度側へ屈曲する現象であり、乾燥ストレスからの回避という生理学的意義を有する。これまでは、トウモロコシやエンドウの重力非感受の突然変異体などが実験材料とされてきたが、本研究では根の水分屈性の分子機構を解明するために、モデル植物であるシロイヌナズナの根における水分屈性実験系を完成させた。

## 材料および方法

水分供与体である寒天培地と飽和塩溶液の間に形成した湿度勾配、もしくはソルビトール濃度(浸透圧)勾配を形成させた寒天プレートを利用し、シロイヌナズナの根の水分屈性を定量的に解析した。前者においては、根の根端が寒天から約 0.1 mm の位置になるように 1%寒天プレートの表面に垂直に置き、飽和塩溶液(KCl, NaCl,  $K_2CO_3$ )を 860mL 入れたプラスチック容器( $14 \times 20.5 \times 5.5 \text{ cm}^3$ )と共に、閉鎖系チャンパー( $24.5 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$ )内に封入した。後者においては 1%寒天プレートと各種濃度のソルビトールを含んだ寒天プレートを隣接させ、根端がその境界線に位置するように根を垂直に置いた。これらの実験系において根端周辺のそれぞれの湿度勾配および浸透圧勾配、根の屈曲を経時的に測定し、その kinetics を解析した。また、各種突然変異体を水分屈性実験系に用い、水分屈性関与遺伝子の解析も行った。

## 結果および考察

## 実験系 1 (飽和塩溶液による湿度勾配を用いた実験系)

チャンパー内の湿度勾配を寒天プレートに対して、水平、垂直の 2 方向について測定した。両方向とも飽和塩溶液を封入した場合は有意な湿度勾配が形成され、 $K_2CO_3$  区では特に強い湿度勾配が形成された。水分屈性の発現を経時的にみると、水分勾配刺激を与えて 17 時間までは、KCl 区が  $K_2CO_3$  区に比べて屈曲が大きい、それ以降では  $K_2CO_3$  区が上回り、24 時間後には反重力方向に屈曲し、屈曲角度が  $100^\circ$  を越えた。これらの結果から、シロイヌナズナの根が水分勾配に感受性が高く、顕著な水分屈性を発現することが明らかになった。

## 実験系 2 (ソルビトールによる浸透圧勾配を用いた実験系)

-0.5, -1.0, -1.5, -2.0, -2.5 MPa の寒天を流し込んだ場合の 24 時間後の屈曲および伸長率を測定した。その結果、屈曲に関しては -1.0 MPa で最も大きく、-2.0 MPa 以上では急激に小さくなった。根の伸長率は、-1.5 MPa までは伸長率の低下はみられず、-2.0 MPa 以上では急激な低下がみられた。この結果から、水分屈性によって根が水ポテンシャルの高い方へ屈曲することにより、伸長率の維持が可能になったと考えられた。

## 各種突然変異体による水分屈性関与遺伝子の解析

各種突然変異体の水分屈性能を解析した場合、重力屈性突然変異体である *aux1*, *pgm* や光屈性突然変異体である *nph1* では水分屈性が正常に起こるのに対して、ABA 突然変異体である *aba1*, *abi2* では水分屈性が減少した。これらの結果から、水分屈性が重力屈性や光屈性とは異なる経路を有し、かつ ABA を介した経路が存在することが示唆された。

### 湛水状態におけるエンドウ根の成長と酸素消費量の変化

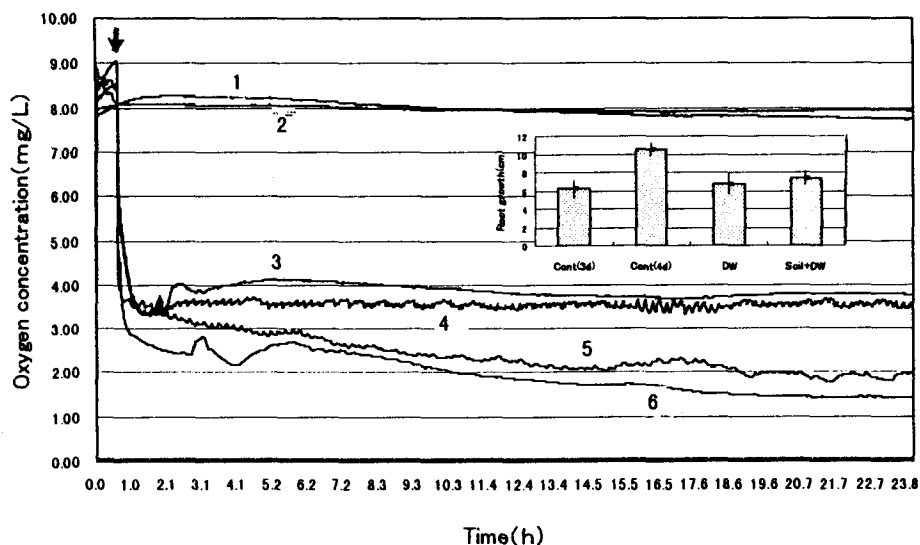
仁木輝緒 (拓殖大学・生物工) 高橋三男 (国立東京高専・物質工)

演者らは前回の研究会にて、モデル土壌中の水分量と酸素濃度の関係を報告した。その結果は含水量の多い土壌では酸素濃度が低いことを示していた。今回は、土壌中で根が発芽・生育している状態で、湛水処理を行い、根の成長量と酸素消費量の変化を調べた。

培地は前回と同様である。すなわち、1 Lのトルビーカにパーメキュライトを入れ375mlの蒸留水を入れ、アルミホイルで覆い90分オートクレーブ滅菌をした。なお、このパーメキュライトの中にはあらかじめ酸素センサーを入れるための、直径3 cm、高さ15 cmのステンレス製の円柱状のかご(40メッシュ)を埋設しておく。播種80時間後、根は約7 cmに成長する。この時点で、溶存酸素メータ(堀場製OM-14)を埋設し、DW(滅菌水)を550 ml加えた(湛水処理)。各処理区に埋設した溶存酸素メータは、コンピュータに接続し、24時間計測を続けた。

処理区1: モデル土壌、播種しない、湛水処理しない。処理区2: モデル土壌、播種、湛水処理しない。処理区3: モデル土壌、播種しない、湛水処理。処理区4: DW。処理区5: DWに根域部を浸す。処理区6: モデル土壌、播種、湛水処理。

Flooding and Oxygen concentration



湛水処理をしないモデル土壌の溶存酸素量は大気と殆ど変わらない(1,2)。湛水処理(図↓)することにより、土壌中の溶存酸素量は低下するが(3)、DW中の酸素濃度より若干多めである(4)。これは土壌よりの酸素の溶出が起きていると思われる。土壌を介さないで、直接DWに根域部分を浸した場合(5)、根はDW中の酸素を消費することになる。この時の根の成長は大きくない(約5mm、湛水処理しない場合は約この間34mm成長)。また、いくつかの根において根端域の死も生じていた。播種した土壌に、湛水処理をした時(6)、溶存酸素量は漸次減少していくが、処理後24時間後においても、0 mg/Lにはならない。この時の根の成長量は約10mmであった。そして全て健全であった。

湛水状態における根の成長量と消費する酸素量との関係について考察してみたい。

## 湿地およびその周辺に生育するフトモモ科樹種の湛水に対する反応

東京大学大学院農学生命科学研究科 村松 和人・山ノ下 卓・益守 真也

E-mail: yamaji@fr.a.u-tokyo.ac.jp

タイ南部の湿地では、大きな攪乱のあと、フトモモ科(Myrtaceae)の *Melaleuca cajuputi* が芽生えの段階から優占し、純林を形成している光景をしばしば目にする。土地の起伏などに応じて雨季の冠水程度が異なる湿地周辺の二次林には、同じフトモモ科のフトモモ *Syzygium* 属の樹木が生育している。*S. oblatum* と *S. kunstleri*、*S. pseudosubtilis* は主に湿地環境で見られ、*S. grande* は非湿地環境で、*S. spicatum* は双方に見られる。

湛水条件の異なる立地に分布する、これらの樹種の湛水耐性の違いを明らかにするため、タイ南端ナラチワ県から種子を持ち帰り、湛水条件下での実生の成長と根の反応を実験的に調べた。

### *Melaleuca cajuputi*

*M. cajuputi* は極めて湛水耐性が高く、現地でのモニターでは湛水期間に最も成長し、赤玉土に植えた実験でも土壌含水率60%に保つより湛水させた方が樹高成長が大きかった。

通気組織を通した地上部から地下部への酸素輸送を見るため、透明なロイコメチレンブルー溶液に実生の根系を浸し、溶液の酸化に伴う青色の呈しかたを観察した。通気した水耕によって育てた個体では、ほとんど呈色しなかったのに対し、通気しない湛水状態で栽培した個体は太い二次根も、細い三次根も先端近くまで周辺が青く呈色した。湛水条件下で通気組織が発達し、低酸素濃度のために呼吸が制限されている根系への酸素供給ができるようになるのであろう。不定根が発達した個体の根元の樹皮を2cmほど剥いだところ、剥皮部分より上から出ている不定根のみが青く呈色したことから、樹皮が通気組織となっていることが示唆された。

湛水条件においた個体の根を採取し、蛍光ラベルした後、HPLCによってATPとADP、AMP含量を測定し、エネルギー状態の指標となるエネルギー充足率を求めた。対照区では0.8以上を示すエネルギー充足率が、湛水後2日で低下したが0.7以上であり2週間後には対照区との差がなくなった。根に形

態的な変化が起きていないと考えられる期間でも、代謝的な適応をして根系のエネルギー状態を保っていると考えられる。

### フトモモ属樹種5樹種

10週間の湛水処理により *S. grande* と *S. pseudosubtilis* では樹高や幹直径、乾重、葉のサイズなど、地上部の成長が抑制される傾向があったのに対し、*S. oblatum* と *S. kunstleri*、*S. spicatum* では対照区と比べて大きくなる傾向があった。根系も種によって成長量に差があるが、実験終了時の乾重に湛水区と対照区とで有意な差はみられなかった。また、湛水処理区でいずれの樹種も既存の根系や幹から、水面近くに多くの根が発達した。いずれの樹種も湛水に対して耐性をもっているが、耐性の程度に違いがあり、それが分布域の違いに反映されていると推察される。

地際から長さ約1cmの主根を切り取り、比重の異なる溶液での浮沈によって比重を測定して、気相率を求めた。*S. oblatum* と *S. kunstleri* は湛水前から他の3樹種より気相率が高かった。*S. grande* は気相率が湛水前後で低いままであったが、他の4樹種は湛水によって増加する傾向があった。*S. grande* の不定根の横断面を鏡検したところ、皮層に通気組織が発達した様子が観察された。

*S. grande* の側根と *S. spicatum* の下部側根のエネルギー充足率は10週間の湛水によって低下したが、*S. spicatum* の上部側根と *S. oblatum* の側根、*S. kunstleri* の側根は高い状態を維持していた。種によらず不定根のエネルギー充足率が高かった。

湿地環境に分布する *S. oblatum* と *S. kunstleri* の主根に見られた気相率の高さは、根系への酸素輸送能の高さを示唆しており、酸素呼吸により根系のエネルギー欠乏が抑えられていると推察される。*S. grande* のように湛水耐性が比較的低い樹種でも通気組織の発達した不定根を出すことによって、養水分吸収などの根系の機能を補っていると考えられる。



## **Ammonium oxidation in the rhizosphere of drought-tolerant rainfed lowland rice varieties: potential for microbial interventions to improve N use efficiencies**

Briones, Aurelio,\* Reichardt, Wolfgang,\*\* Okabe, Satoshi,\*\*\* and Okuyama, Hidetoshi\*

\*Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Sapporo 060-0810 Japan; \*\*International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines; and \*\*\*Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Sapporo 060-8628, Japan

Rice roots support the selective enrichment of microorganisms by providing metabolically active surfaces and exudate gradients. Oxygen released from rice roots in flooded, anoxic soils favors the enrichment of aerobic, ammonium-oxidizing bacteria (AOB) at the very uptake sites for N. With recently increased significance attributed to nitrate uptake in flooded rice soils, nitrifying bacteria have become a crucial link to understand soil nitrate supply to rice roots. As greater fluctuations in the soil redox regimes are expected in drought-prone rainfed lowland rice cropping systems, drought-tolerant rice varieties have to adapt to a relatively wide range of ammonium and nitrate concentrations supplied by the soil. In this scenario, AOB associated with rice roots are the key regulators controlling the supply of nitrate. Physiologically diverse, rice-variety selected AOB populations with different nitrification rates and substrate affinities are expected to fine-tune N supply to the root surfaces. A combination of molecular genetic detection of an ammonium-oxidizing gene (*amoA*) fragments associated with rice roots and <sup>15</sup>N-based nitrification assays revealed variety specific associations of physiologically distinctly different AOB among drought-tolerant rice varieties grown in NE Thailand. The specificity of these associations can provide a mechanistic interpretation for adaptations of rainfed lowland rice varieties to different types of N-limited drought- and flood-affected rice soils.

### 水稻乳苗移植栽培の本田生育と根系形成

熊谷千冬・小山 淳・吉田修一  
(宮城県古川農業試験場)

乳苗移植栽培の本田生育期間の根系形成については、出穂期において稚苗移植に比べて浅根性であり、根長当たりの根の活性が高い(森田ら, 1996)と報告されている。しかし、乳苗の本田での地上部生育と根の関係についての知見は少ない。そこで、乳苗移植の根と地上部の生育経過及び収量について、関連性を検討した。

**【方法】**

乳苗区(5月12日移植, 1.5葉, 栽植密度 20.1株/m<sup>2</sup>)と稚苗区(5月12日移植, 2.2葉, 栽植密度 19.5株/m<sup>2</sup>)を設けた。品種はササニシキBLを用いた。

地上部については生育量及び収量を調査した。また、登熟期間の稲体活力の指標として出穂20日後に生葉率を測定した。

地下部については、幼穂形成期と出穂期に土壌モノリス(森田ら)で根を採取し、地上から5cm毎に切り分けて根を洗い、根量を測定した。出液速度(森田ら)についても合わせて測定した。

**【結果及び考察】**

- 1 乳苗区ではm<sup>2</sup>当りの最高分けつ数は稚苗区に比べ少なくなったが、有効茎歩合は高まった。収量は乳苗区で高かった。収量構成要素は、乳苗区では一穂粒数が多く、稚苗区に比べm<sup>2</sup>当り粒数を多く確保した。また、登熟歩合は稚苗区と同等であった。
- 2 出穂20日後の生葉率調査では、乳苗区で枯れ上りが少なかった。
- 3 根の深さ指数(Oyanagi et al., 1993)については、幼穂形成期では両区で差はなかったが、穂揃期では乳苗区の方が小さく浅根性であった。また、根乾物重については幼穂形成期では稚苗区が大きく、穂揃期では乳苗区が大きかった。根単位乾物当りの出液速度については、幼穂形成期では稚苗区が大きく、穂揃期では乳苗区が大きかった。

以上から、乳苗区では稚苗区に比較してm<sup>2</sup>当り粒数が多かったにもかかわらず、登熟期間の根の活性が高く登熟歩合の低下が見られなかったことが、収量増加の要因として考えられた。

乳苗で根の深さ指数が小さかったのは、うわ根の形成量の違いによるものと考えられた。

乳苗の2次・3次分けつの発生率は稚苗より乳苗で高い(桐山, 1994)。さらに、本試験では2次・3次分けつの有効化率も高かったと推察された。2次・3次分けつが多くなったことと、乳苗でうわ根が多くなったことは関連があるかもしれない。

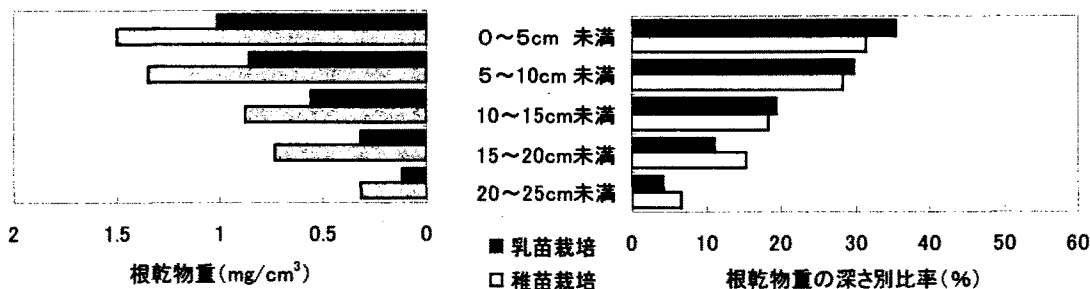


図1 幼穂形成期の根の乾物重と分布

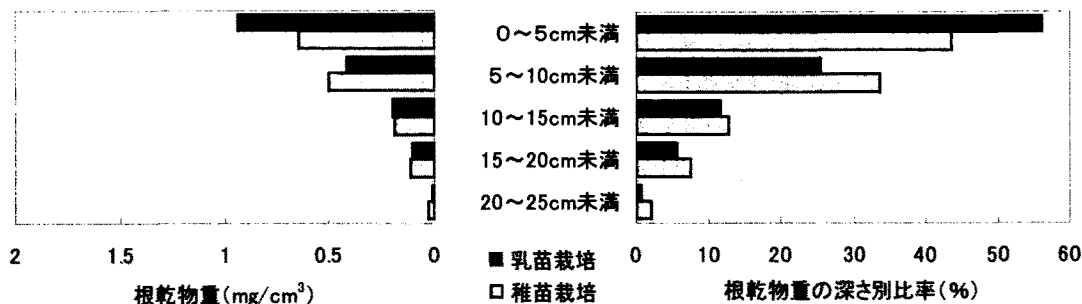


図2 穂揃期の根の乾物重と分布

## 湛水条件下における *Sesbania cannabina* と *S. rostrata* の根系発育

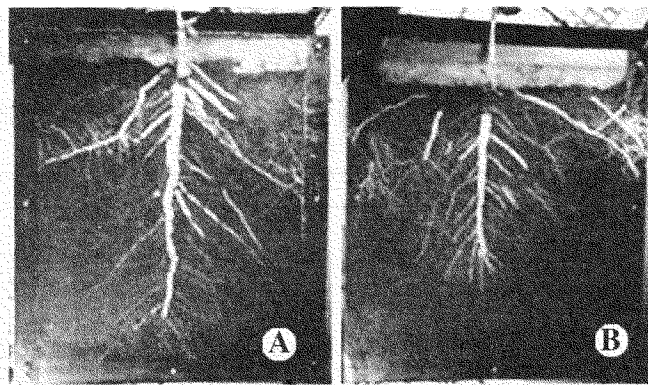
芝宏子・大門弘幸

(大阪府立大学大学院農学生命科学研究科)

*Sesbania* は熱帯、亜熱帯地域に 20 種類以上が分布する緑肥作物であり、日本では、水田転換畑や排水不良田の土壌改良のために栽培が試みられている。本属植物は耐湿性が高く、湛水条件下では速やかに二次通気組織が形成されることが知られている。しかし根の発育や組織構造に関する種間における多様性については知見が少ない。そこで本研究では、日本において導入が試みられている *S. cannabina* と *S. rostrata* について、その根系の発育形態学的特性について比較検討した。

【材料と方法】 1999 年 5 月 26 日に、*S. cannabina* と *S. rostrata* を育苗培土を充填した根箱 (37cm (高さ) × 30cm (幅) × 3cm (奥行き)) に播種した。播種後 13 日目に、根箱をコンテナに設置して湛水処理を開始した。処理後 10 日ごとに根箱の表面に現れた根系の写真を撮影し、40 日目にはアセチレン還元活性と器官別乾物重を測定した。一方、2000 年 5 月 12 日に、水田土壌を充填した 1/5000a ワグナーポットに両種を播種し、播種後 14 日目から湛水処理を開始した。処理後 5 日目と 15 日目に植物体を採取し、主根の基部から下に 1cm の部分について徒手切片を作製し、二次木部の厚さ、細胞層数、細胞直径、髄の直径を測定した。

【結果】 根箱試験において、処理後 40 日目に、個体あたりの乾物重には両種間で差異が認められなかったが、地上部は *S. rostrata* で、地下部は *S. cannabina* で多い傾向がみられた。二次通気組織は両種ともに湛水直後から形成されたが、*S. cannabina* の根系は生育初期から *S. rostrata* に比べて優り、より下層まで伸長した (第 1 図)。ポットで栽培した植物体について、地際部の根の横断切片を観察したところ、二次木部の厚さと細胞層数については両種間で差異は認められなかったが、細胞直径は 15 日目には *S. cannabina* が大きかった。また、*S. rostrata* には中心柱の中央部に空隙が形成されたが、*S. cannabina* には形成されなかった。この空隙は、二次通気組織とともに耐湿性を高めるための機能を持つものと考えられるが、その詳細な形成過程については今後検討する予定である。



第 1 図 根箱を用いて湛水条件下で栽培した *Sesbania* の処理後 30 日目における根系の様相。A : *S. cannabina*, B : *S. rostrata*。

### 画像解析法によるウンシュウミカンの根系計測

○杉山泰之<sup>1</sup>、福田雅仁<sup>2</sup>、梅宮善章<sup>3</sup>、吉川公規<sup>1</sup>、増田欣也<sup>3</sup>、中村ゆり<sup>3</sup>  
(1:静岡県柑橘試験場、2:徳島県果樹試験場、3:農林水産省果樹試験場)

果樹の根の伸長量は地上部の結実量、葉数や、地下部の根圏環境により影響を受けることが知られており、養水分吸収等、根の機能に係わる根系パラメータの表示法として、根長や根表面積が重要とされる。しかし、個体の大きいウンシュウミカンの成木について根の表面積や長さを正確に測定した報告はない。本研究では、根系と葉等の地上部器官との相互関係の解析を目的として、ウンシュウミカン成木の根表面積と根長について画像解析法を用いて調査した。

#### 【方法】

供試材料：静岡県柑橘試験場西遠分場植栽の14年生「青島温州」を9月上旬に解体し、根及び枝葉を採取した。土壌分類は礫質赤色土である。平均的な樹容積で比較的着果量の多い表年の樹を2本選び解体調査を行った。根の掘り取り：3.2m×2.2m×深さ0.35mの範囲を小型バックホーで掘り取り、さらに深い部分は、中根より太い根の分布する範囲のみ掘りとり根を全量採取した。また、掘りとった土壌の一部(8L)について、バットに広げピンセットで残根をさらに採取し、調査圃場における細根の回収率を求めた。根パラメータの画像解析：採取した根を水洗し、細根は1cm程度に切断して、ガラス板に広げ、スキャナーに取り込んだ後、画像解析ソフト(Win Rhizo:Regent Instrument製)を用い、根径区別の根表面積、根長を測定した。

#### 【結果および考察】

調査樹は間隔3m×2mで植栽され、樹幅2.35mおよび2.25m、樹高1.85m、樹容積3.34m<sup>3</sup>と生産現場と同等な大きさだった。細根は地表面から20cm以内に多く分布していた。葉枚数の合計は8,192枚で新葉は旧葉の約2倍の5,502枚着葉していた。果実は224個結実し、葉果比は36.6と適正值であった。

調査圃場における細根の回収率は、大部分の細根が深さ35cmまでに分布したことから、35cm土層に換算したところ、81.1%であった。

調査樹の総根表面積は19.7m<sup>2</sup>、総根長は8,251mだった(表1)。根の総表面積にしめる細根(2mm以下)の割合は87.0%、総根長に占める細根の割合は98.9%と根表面積・根長ともに細根のしめる割合が高かった。また、細根の根系分布は根表面積・根長ともに0.3~0.6mmが最も多く、細根の表面積の54.6%、細根長の66.1%が占められた(図1)。

葉1枚(面積:27.6cm<sup>2</sup>、乾物:0.33g)あたりの細根量は乾物重0.101g、表面積20.9cm<sup>2</sup>、長さ101.4cmだった(表2)。細根表面積は、葉面積の0.76倍であり、植栽面積の2.43倍に相当した。

表1 地下部の測定結果

	根幹	極大根	大根	中根	小根	細根	合計
	—	5cm以上	2cm~5cm	5mm~1cm	2mm~5mm	2mm以下	
根表面積(m <sup>2</sup> )	0.0767	0.186	0.183	0.808	1.31	17.1	19.7
根長(m)	0.2	1.2	3.8	19.8	64.0	8,162	8,251

表2 葉と根の関係

葉1枚あたり 細根乾物重	葉1枚あたり 細根長	葉1枚あたり 細根表面積	細根表面積/ 葉面積	細根表面積/ 植栽面積
g	cm	cm <sup>2</sup>		
0.101	101	20.9	0.76	2.43

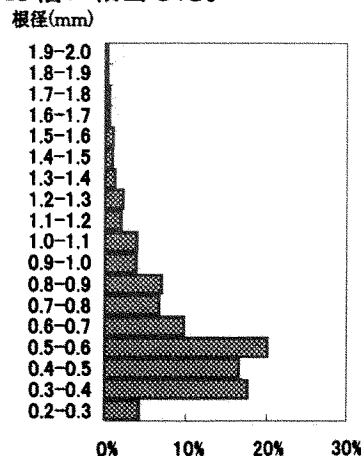


図1 根径別の細根表面積分布

トウモロコシ幼植物体の地上部と根系におけるエイジングおよびストレス適応反応についての、フローサイトメトリーを用いた細胞学的評価法の検討

小川敦史\* 三吉一光 川島長治 (秋田県立大学)

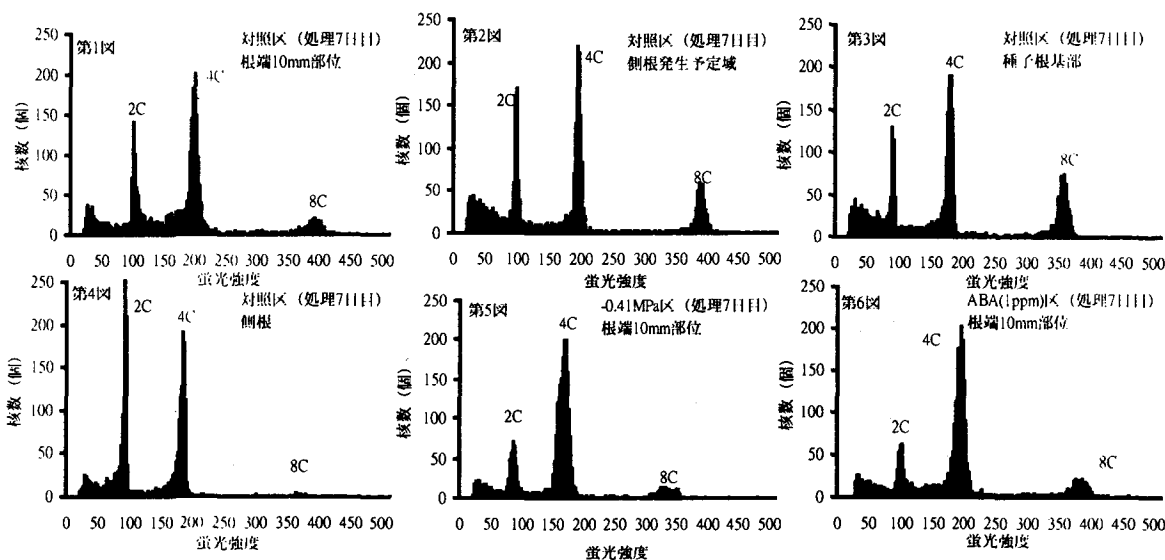
連絡先: 〒010-0195 秋田市下新城野 241-7 秋田県立大学 作物生態学講座

Tel 018-872-1630 Fax 018-872-1678 E-mail: 111111@akita-pu.ac.jp

植物の地上部と根系は、様々な加齢段階 (エイジング) を経た部位で構成されており、その違いによって機能も異なると考えられている。また、環境ストレスとそれに対する植物の適応反応は、エイジングの進行を変化させ、各部位の機能や活性に影響を与えらる。しかし、エイジングの進行やその環境ストレスに対する反応を評価する手法は、形態学的研究や内生ホルモンの変化を追うレベルにとどまっており、組織・細胞レベルで定量的に評価する手法は確立されていない。フローサイトメトリーは、DNA 量や細胞表面マーカーの解析として医学分野において広く普及した技術であり、育種を中心とした植物分野に対する応用も近年注目されつつある。本研究ではこのフローサイトメトリーを用いて、植物の組織・細胞レベルでのエイジングを評価し、ストレスによるエイジングの進行への影響を検討した。

【材料と方法】 供試材料としてトウモロコシを用い、3日間催芽処理し、1/2濃度のホグランド水耕液 (pH 6.0) で3日間水耕栽培した後、浸透圧ストレス処理を開始した。ポリエチレングリコールを水耕液 1L 中に 0g (対照区)、100g (-0.21MPa 区)、200g (-0.41MPa 区) 溶解し、水耕液の水ポテンシャルをそれぞれ -0.09MPa、-0.21MPa、-0.41MPa に調節した。また播種後4日目に、アブシジン酸 (ABA) を 1ppm になるように水耕液に溶解し、ABA 処理を行った (ABA 区)。処理開始後 0、1、4、7、10 日目 (ABA 区は 3、7 日目) に、種子根根端 0-2mm 部位 (分裂域)、0-10mm 部位 (分裂+伸長域)、側根発生予定域、基部 1cm、基部 1cm から発生している側根、鞘葉、最上位葉のサンプリングを行い、プロイディーア ナライザー (Partec 社 PA 型) を用い、DNA 含量の測定を行った。

【結果と考察】 第1図から第6図に、根系の各部位または各処理区における、核あたりの DNA 量の相対値を示す蛍光強度とその頻度の関係を示した。第1、2、3図を比較すると、種子根基部側で加齢した部位ほど 4C や 8C の割合が多くなり、体細胞倍数性 (polysomaty) の出現頻度の増加が認められた。ただし 4C については、体細胞分裂過程の G<sub>2</sub> から M 期に相当する可能性も考えられる。一方側根 (第4図) では、種子根に比べ 2C の割合が多く、この傾向は、根端や最上位葉でも認められた。浸透圧ストレス処理 (第5図) や ABA 処理 (第6図) により、加齢したときと同様に、polysomaty の出現頻度の増加が認められた。本研究の結果より、フローサイトメトリーを用いた倍数性の比較検討が、エイジングの進行やストレスに対する細胞学的反応を評価する上で、有効な手段である可能性が示唆された。



養液栽培における湿気中根と水中根の根系構造の差異

中野有加<sup>1</sup>・岡野邦夫<sup>1</sup>・渡邊慎一<sup>1</sup>・巽二郎<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>農林水産省 野菜・茶業試験場 <sup>2</sup>名古屋大学大学院 生命農学研究科)

連絡先 〒470-2351 愛知県知多郡武豊町字南中根 45, Tel : 0569-72-1490,

fax : 0569-73-4744, yuka88@nivot-pc.affrc.go.jp

### 1. 緒言

養液栽培には培地の種類、培養液や酸素の供給方法などによって多くの方式があり、その結果、根の量や形態などが変化する。山崎(1986)は、気相中に形成される「湿気中根」は液相中に発達する「水中根」に比べて環境適応幅が広いことを指摘している。筆者らも、トマトの湿気中根と水中根の温度反応性を調査し、湿気中根は高温あるいは低温耐性が大きいことを明らかにした(坂本ら、1999)。本実験では、湿気中根を発達させる「保水シート耕(WSC:Wet-Sheet Culture)」と水中根を発達させる湛液水耕(DFT:Deep Flow Technique)において、トマト幼植物の生長及び根系構造を解析し、培地環境の違いに対する反応の差異を明らかにした。

### 2. 材料及び方法

4月18日に粒状綿を詰めた128穴セルトレイにトマト(品種:桃太郎)を播種し、5月8日に3葉期苗を養液栽培装置に定植した。同一の栽培装置の中に、保水シート耕(WSC)、湛液水耕(DFT)、湛液水耕にポンプ通気を加えたもの(DFT+Air)の3処理を設けた。定植後8日目に各区20個体をサンプリングし、地上部及び地下部の乾物重を測定した。また、6個体の根系について一次側根を抜き出し、イメージスキャナで画像(300dpi)を取り込み、画像解析ソフト(NIH Image 1.6)を用いて、総根長、総表面積、一次側根数、平均直径、フラクタル次元の計測を行った。

### 3. 結果及び考察

培養液の溶存酸素濃度は、DFT区で約4ppm、DFT+Air区で約7ppmを示した。トマトの地上部乾物重はWSC区とDFT+Air区が同程度、DFT区は前者に劣った。また、根の乾物重はWSC区、DFT+Air区、DFT区の順に大きかった。

根系の構造は養液栽培方式により変化した。総根長及び根表面積は、DFT+Air区で大きく、次いでWSC区、DFT区の順であった。根の平均直径はDFT区で大きく、WSC区、DFT+Air区と続いた。WSC区では一次側根数が少なく、総根長及び根表面積に占める種子根軸の割合が大きかった。また、種子根と一次側根いずれにおいても、フラクタル次元の平均値はWSC区で最も大きかった。

以上の結果から、湛液水耕で培養液の溶存酸素濃度が低い場合、1次側根の発生数は変わらないが、一次側根の伸長と高次の側根の発生が抑制され、相対的に太い根が多くなることが示された。一方、根系が気相中に存在する場合、水中と比べて、一次側根の発生は少なく、種子根の伸長と高次の側根の発生が促進されると考えられる。

したがって、トマトの養液栽培における地上部の生長の良否は、総根長や根の表面積によっては説明できず、根系内の分枝密度や構築構造、あるいは根の生理活性など他の要因によって左右されると推察される。

報告 (第14回根研究集会発表要旨)

**茶樹木化根形態的特性の品種間差異における  
老齡茶樹と幼茶樹での対応関係について**

松尾喜義 (野菜・茶業試験場茶栽培部)  
 (連絡先: 428-8501 静岡県榛原郡金谷町金谷2769 野菜茶試、  
 TEL: 0547-45-4101(代)、E-mail: matuok@tea.affrc.go.jp)

永年性木本作物であるチャの根は、養水分の吸収やアミノ酸をはじめとする生体成分の生合成に重要な役割を担うとされている細く繊細で木化していない白色細根と、根系の基本を形作る木化根とに大別される。前者の白色細根は活性が高く、1~2年程度の比較的短い寿命で、順次伸長と枯死を繰り返していると考えられている。一方、木化根は、直径2mm程度の細根から、実生の老齡茶樹では直径10cm近いものまであり、白色細根で吸収された養水分を地上部に移送する通路になるとともに、デンプンをはじめとする貯蔵養分を蓄積・放出する機能を持ち、茶樹の生育を支えている。

現在日本の茶園は約5万ヘクタールあるが、その大部分は「やぶきた」をはじめとする育成品種の茶園(品種茶園と呼ばれる)で挿し木で増殖した苗を植えて育成したものである。挿し木苗から育てた茶園では、従来の種子実生繁殖による茶園と比べ茶樹の根系分布が浅い傾向にあり、干ばつなどの気象災害を受けやすい傾向が指摘されてきた。また、茶樹品種によって根の張り方に品種間差異があることが経験的に知られており、それが生育特性と何らかの関連があるのではないかと考えられてきた。しかしながら、茶樹の木化根の形態における品種系統間差異については、茶樹が永年生であるため、多数の株を抜き取って根系形態の差異を調査する機会が限られているので、ほとんど明らかにされていなかった。たまたま筆者は、野菜・茶業試験場内の品種比較茶園の抜根・再改植に立ち会うことができたので、多数の品種が植えられた成木茶園から抜き取ったチャの根株を調査して、木化根の品種系統間差異などについて報告してきた(第7回、第8回、第9回、第13回、根研究集会)。その結果から、現在日本の主要チャ品種である「やぶきた」は、比較的スリムな根株と斜めに長く伸長する枝分かれの少ない木化根(数本、ふつうの株で4~6本程度)を持つこと、品種によっては相当異なった木化根の特徴を持つものがあること(「いずみ」や紅茶用品種など)が分かった。その結果から今後の重要な問題として、特徴ある木化根や根系を持つ品種を人為的に選抜して育成することが可能であるかどうかである。そこで挿し木で育成した3年目の幼茶樹に形成された木化根の特徴を調査し、既存の成木抜き取り株の特徴と比較した。

<材料と方法>

成木茶園の調査から特徴のある9品種を選定し、野菜茶試(金谷)において標準的な挿し木(1996年6月、棚式平床挿し木)で苗を育成した。それらの3年生の苗を1999年3月に抜き取り、乾燥後株もとの木化根について本数・直径などを測定した(中庸株10本ずつ)。

<結果と考察>

調査結果を表1に示した。太さ5~10mmにおける根数は「はつもみじ」と「ゆたかみどり」が他より多く、これらの品種の成木や老齡木で比較的少数で長大な木化根を持つ傾向があることとよく符合していた。また「やぶきた」に比べて「めいりよく」で本数が多く比較的細い木化根が多いことも成木に認められる傾向と類似していた。以上のことから、成木で認められる木化根品種間差異の一部は幼茶樹においても識別可能なことが分かった。

成木茶園における抜き取り株の根系の特徴

表1、3年生さし木抜き取り株の根系の特徴

品 種 名	太さ別の木化根の本数(mm,本/株)			
	1.5~2	2.1~5	5.1~10	10.1~
さやまかおり	2.6	2.8	0.6	0.2
た ち ぼ	2.7	3.0	0.6	0
こまかげ	2.0	3.3	0.5	0
はつもみじ	1.7	1.7	2.9	0
ゆたかみどり	1.5	1.9	2.3	0.1
あ さ ひ	3.1	4.5	1.1	0.1
べ に ふ じ	3.5	2.8	1.3	0
やぶきた	0.8	2.3	1.2	0.1
めいりよく	2.4	2.2	0.8	0

注) 各品種中庸株10個体を調査した。

品 種 名	木化根		木根		初回の枯損	
	総量	量	多少	木化根	多少	木化根
や え ほ	4	5	3	3		
するがわせ	3	2	1	5		
Z-1	2	2	2	3		
Y-3	4	3	1	3		
ふじみどり	5	3	1	3		
おくむさし	5	5	3	4		
とよか	3	1	2	1		
さやまみどり	4	1	3	3		
さやまかおり	4	1	1	1		
あざつゆ	2	1	1	2		
やぶきた	3	1	2	1		
くらすわ	4	2	2	2		
おおいわせ	2	1	2	2		
たまみどり	1	1	5	3		
かなやみどり	4	4	3	2		
やまかい	2	1	2	3		
おくみどり	3	1	3	2		
べにひかり	4	2	1	1		
あさぎり	2	1	1	1		
いずみ	5	5	1	1		
ゆたかみどり	4	2	2	1		

注) 5段階の表示は、1(少)→5(多)

## 陸稲根における根冠の形態と走向角

荒木英樹<sup>1\*</sup>・森田茂紀<sup>2</sup>・巽二郎<sup>1</sup>・飯嶋盛雄<sup>1</sup>

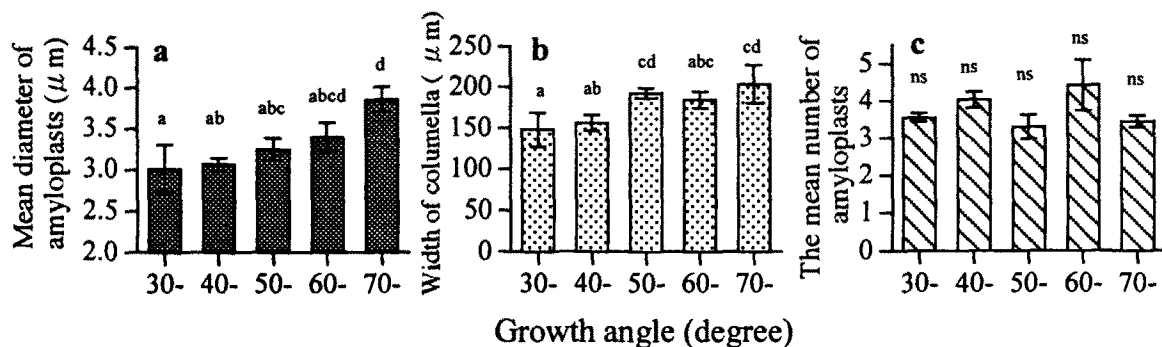
(<sup>1</sup>名古屋大学大学院生命農学研究科, <sup>2</sup>東京大学大学院農学生命科学研究科)

\*連絡責任者 (〒464-8601 名古屋大学大学院生命農学研究科, e-mail: i991002d@mbox.media.nagoya-u.ac.jp)

様々な方向へ伸長する節根群によって根系のフレームワークが形成されるイネ科作物では、個々の根の走向角、すなわち傾斜重力屈性の程度が根系の深さと密接に関わっていることが指摘されている。突然変異体と野生型の根、もしくは種子根と側根など重力屈性反応が質的に異なる根を対象として、根冠の形態を比較した報告はいくつかみられるが、節根の量的な走向角の違いと根冠の形態との関連性を詳細に検討したものはない。本報では、陸稲根における根冠の形態的特徴と走向角との関係を精査し、有利に深くまで伸長することができる根の形態的特徴の一端を明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】 2000年4月16日に、名古屋大学大学院生命農学研究科の実験圃場内ガラス室において、木曽川壌質砂土を充填した硬質塩ビ製ポット(直径0.2m, 高さ0.2m; あらかじめ半割にしてテープで固定した)に陸稲(IRAT 109)を播種した。陸稲は播種後10日に1個体植えとし、およそ9葉期まで生長させた。播種後45から47日に、ポット土壌をむき出しにして、土壌断面上に露出させた根軸の軌跡をトレースした。その直後に根端部を採取し、FAA溶液で固定した。ビニルシートの画像をスキャナーでコンピュータに取り込み、画像解析ソフトで地表面と根軸とがなす角度(走向角)を測定した。樹脂包埋法によって根端の正中縦断面切片(厚さ5μm)を作成し、サフランin OおよびオレンジGで染色後、光学顕微鏡で写真を撮影した。

【結果と考察】 任意に選択した25本の根において、詳細な根冠の形態観察をおこなった。根との境界から先端に向かって7~9層目の成熟したコルメラ細胞について、そのアミロプラストの形状を観察した。根の走行角別にアミロプラストの大きさをみると、走向角が大きい根ほどアミロプラストが大きい傾向があった(第1図a)。走行角が50度以上の根ではそれ以下の根に比べて、コルメラの横幅が大きかった(第1図b)。一方、細胞ひとつあたりの平均アミロプラスト数には、走向角との間に明瞭な関係が認められなかった(第1図c)。以上の結果から、陸稲根系では、アミロプラストの大きさと、コルメラの横幅が大きいたことが、強い正の傾斜重力屈性を示すことと密接に関係していることが明らかとなった。



第1図 根の走行角別にみた根冠の形態。

a; アミロプラストの平均直径, b; コルメラの横幅, c; 細胞あたりのアミロプラスト数。



## 有機養液土耕が土壤生物性に与える影響

中野明正<sup>1</sup>・上原洋一<sup>1</sup>・内藤秀雄<sup>2</sup>・山内章<sup>3</sup><sup>1</sup>農林水産省 野菜・茶業試験場, <sup>2</sup>サンエイ糖化株式会社,<sup>3</sup>名古屋大学大学院 生命農学研究科)(連絡先: 〒470-2351 愛知県 知多郡 武豊町 字南中根 45, TEL: 0569-72-1647,  
[anakano@nivot-pc.affrc.go.jp](mailto:anakano@nivot-pc.affrc.go.jp))

## 【はじめに】

養液土耕栽培は、原液タンク中の濃厚な液肥を、灌水に定量的に送り込み、希釈しながら施肥を行う手法であり海外では、野菜栽培へ適用されており、我が国でも、花きおよび野菜で実施面積が増加しつつある。このとき用いられている肥料は、もっぱら化学肥料である。我々は、3要素をバランス良く含む液状の有機性物質を、養液土耕栽培の化学肥料の代わりに使用することを試み、トマトの栽培が可能であることを明らかにした。この栽培法により、化学肥料を用いる通常の養液土耕栽培と同等の収量・品質が達成された。我々はこの栽培法を「有機養液土耕」と名付けている。

このような有機養液土耕が有効に機能した背景として、土壤微生物と土壤酵素が活発に働いたことが推定された。特に、CSLの窒素はそのほとんどが有機態であるため、植物が吸収利用するためには無機化される必要がある。そこで、これらのプロセスに関与する微生物数および酵素活性を明らかにした。

## 【材料および方法】

## 1. 栽培条件

慣行の土耕区は単肥を混合して全層施肥し、液肥 (OK-F-1, 大塚化学) で2度の追肥を行った (基肥区)。養液土耕としての対照区は、養液土耕用の液肥 OK-F-1のみを用いて栽培する区 (無機区) とした。有機養液土耕区 (有機区) は、液肥として、CSL (サンエイリップ, サンエイ糖化株式会社) だけを用いた。有機区では、CSLのカルシウム含量が少ないため、カキ殻石灰 (セルカ, ト部産業) を用いてカルシウムのみ元肥で添加した。

1999年3月15日にトマト (品種: サターン) を播種し、第1花房が1~2花開花後の5月18日に、1ベッドあたり61株を定植した。摘心は第5果房の上部の葉を2枚残して行った。最終的には、収穫は第4果房までとした。

それぞれの処理区から土壌を採取し、好気性細菌と硝化菌の動態、作後土壌における土壤酵素活性 (プロテアーゼ,  $\alpha$ -グルコシダーゼ,  $\beta$ -グルコシダーゼ, ホスファターゼ) を測定した。

## 【結果と考察】

コーンスターチ製造過程から生じる副産物、コーンステーパーリカーを使用した養液土耕栽培では、通常の養液土耕用化学肥料と同等の生育および収量が得られ、ドリップチューブから供給される有機物が、微生物や土壤酵素により速やかに分解されたと考えられた。

有機養液土耕では、栽培期間を通じて、全層施肥および無機養液土耕に比べ細菌数が増加していた。株間の土壌について連続的に測定した場合、無機養液土耕と比較して最大で10倍程度の増加が認められた。アンモニア酸化菌および亜硝酸酸化菌については処理および測定位置について顕著な差は認められず、乾土1g当たり $10^5$ から $10^6$ オーダーであった。

土壤酵素に関しては、測定した全ての酵素活性 (プロテアーゼ,  $\beta$ -グルコシダーゼ,  $\alpha$ -グルコシダーゼ, フォスファターゼ) において、有機液肥の点滴部分で最大となった。有機養液土耕区では、顕著な土壌有機物の集積と腐植化の進行は認められなかった。これは、CSLが易分解性であり、添加した有機物が滞ることなく無機化された結果と考えられた。以上のような、本試験の結果は、土壌の生物性を活かす新たな栽培システムとしての有機養液土耕の特異性を裏付けるものである。

## 水稻幼植物を用いた耐転び型倒伏性早期検定の可能性

坂田 勲・坂井 真\*・井辺時雄\* (岐阜県中山間農業技術研究所 \*農業研究センター)

e-mail:sakata@peach.k-agri.rd.pref.gifu.jp

湛水直播栽培は水稻の生産コストを下げる上で有効な方法である。これに用いる品種に求められる特性として重要視されるのが耐転び型倒伏性である。耐転び型倒伏性を評価するためには、圃場において出穂期から出穂後 20 日前後の株の押し倒し抵抗値を測定するのが一般的である。しかしこれには多くの時間と労力を必要とする。そこで効率的に耐転び型倒伏性品種を選抜するために幼植物を用いて検定する方法を検討した。ここでは株の支持力と密接な関係にある冠根の形質に着目し、幼植物における冠根の形質と押し倒し抵抗値との関係を明らかにすることにより、耐転び型倒伏性を簡易に検定するための方法を検討した。着目した冠根の形質は、伸長角度、引っ張りによる破断強度および直径である。

## 材料および方法

農業研究センターにおいて湛水直播適性を目標に育成された品種・系統、アメリカ品種、IRRI 品種および比較品種等の計 23 品種・系統を用いて以下の実験を行った。耐転び型倒伏性の主要な指標である押し倒し抵抗は、移植栽培圃場において出穂後 14 日前後に測定した。測定にあたっては湛水直播栽培条件に近づけるため、株元の土を太い根の層のある深さまで除去し、ここから 15cm の高さに倒伏試験器を当て 45° まで押し倒して最大抵抗値を測定した。幼植物の冠根の伸長角度を簡易に測定するために次のような方法を用いた。内径 7.7cm の半球型金属ネット(網目約 1mm)に育苗培土を充填し、形成される土壌面の中央に催芽初を 1 粒播種した。これを pH を 5.5 に調整した水道水で満たした深さ 20cm のコンテナに入れて水面が土壌面になるよう保持し、根の伸長が自由になるようにした。金属ネットには播種位置を中心として水平から垂直まで角度域を 5 等分する等高線状の線を記しておいた。これを通常の温室日照下で生育させ、10 日および 20 日後、半球を突き抜けて伸長してきた冠根の角度域別の根数を数えた。また播種後 20 日目に明らかにそれまでとは異なる白く太い冠根の伸長が観察されたため、播種後 24 日目にこの冠根のみを同様に調査した。この直後、植物体を採取して冠根を基部から切断し、7cm 以上のものを太い順に 3 本選択して、基部から 1 および 5cm の直径、および基部から 5~16mm の部位を万能試験機(A&D 社製 RTC)により引っ張り、破断強度を測定した。

## 結果および考察

押し倒し抵抗値と角度域別の根数との相関は、播種後 10 日目では全ての角度域で有意でなかったが、播種後 20 日目では 0~18° の浅い角度域で有意な正の相関が認められた。さらに播種後 24 日目における白く太い冠根の 36~54° における根数と押し倒し抵抗値との間にはより高い相関が認められた。これに対して同じく播種後 24 日目の 54~72° および 72~90° の根数は押し倒し抵抗と有意な相関を示さなかった。このことは直下に伸びる根よりも 45° 付近に伸びる根のほうが耐転び型倒伏性との関係が強いことを示している。この関係が出穂期以降も認められるかどうかは今後検証する必要がある。一方、押し倒し抵抗値は基部から 5cm の冠根直径とは有意な相関を示さなかったが、基部から 1cm の冠根の直径とは有意な正の相関を示した。しかし押し倒し抵抗値と冠根の破断強度との相関係数は、基部から 1cm の冠根直径との相関係数より大きかった。このことから冠根の太さよりも、その破断強度の方がより耐転び型倒伏性に影響していると考えられた。以上の結果から播種後 24 日頃における白く太い冠根の、36~54° に伸長する根数および引っ張りによる破断強度により、水稻の耐転び型倒伏性を早期に検定できる可能性が示唆された。

根系分布が異なるコムギ2品種の幼植物の葉色に及ぼす地下水位の影響

星 信幸<sup>1)</sup>・小柳敦史<sup>2)</sup>・本多一郎<sup>2)</sup>・和田道宏<sup>2)</sup>  
(宮城県古川農業試験場<sup>1)</sup>, 農業研究センター<sup>2)</sup>)

麦類の湿害被害は大別すると播種直後、幼苗期～分けつ初期、伸長期、出穂～登熟期とされるが、特に幼苗期～分けつ初期は湿害による葉の黄化など地上部の明確な変化が見られる。そこで、この時期の湿害について根系分布の異なる品種を用いて葉色から見た湿害発生程度に対する地下水位の影響を検討した。

〔方法〕

1/5000 a ワグネルポットに播種し、1.5葉期(播種7日後)に、地下水位を想定した4段階の水位に保ち(図1)、その後、第1～3葉の葉色をM社製SPAD502で測定した。第2葉と第3葉の葉色は第1葉と同じ傾向にあったため、ここでは第1葉の測定結果のみを示した。品種は深根性のRosellaと浅根性のあやひかりを供試した。なお、処理槽への給水は種子や植物体に対する影響を少なくするため、ポット上部からの灌水はしないことを前提とした。調査は一つの水位区につき5株/ポットを2ポットで2反復の計20株で実施した。

〔結果及び考察〕

両品種とも地下水位が高くなるほど葉色が低くなる傾向が見られた。品種別に見るとRosellaは水位の上昇に伴い葉色が段階的に低下した。一方、あやひかりは水位-5cmでは葉色がほとんど低下せず、水位-2cmで著しく低下した(図2, 3)。このことは、全体的に根の分布が見られる深根性品種と、比較的浅い方の根量比率の高い浅根性品種は地下水位に対する反応が異なることを示している。一般に、地下水位の高い水田圃場では浅根性の品種が有効と思われるが、今回の結果は、表面排水が不十分で滞水が継続されるような圃場では、逆に浅根性の品種の方が湿害の被害が大きくなる可能性があることを示しており、播種深より-5cm程度までの表面停滞水の排除は根系分布に係わらず重要であるといえる。なお、今後、この時期における根量分布との関係などについても検討していく予定である。

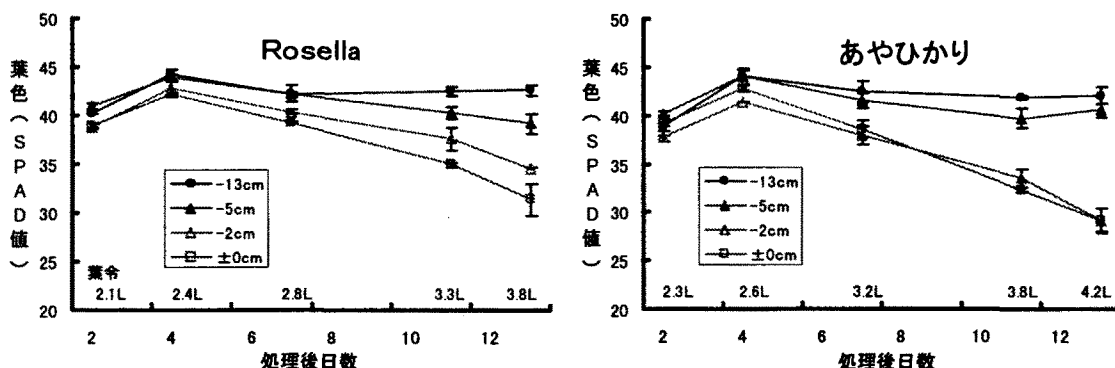


図2 根系分布の異なる品種の葉色推移

Rosella は深根性、あやひかりは浅根性の品種、平均値±標準偏差。

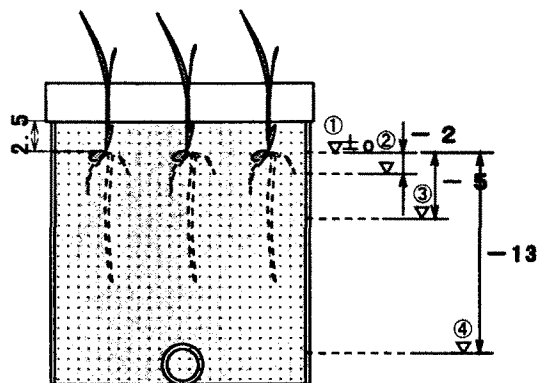


図1 水位設定略図

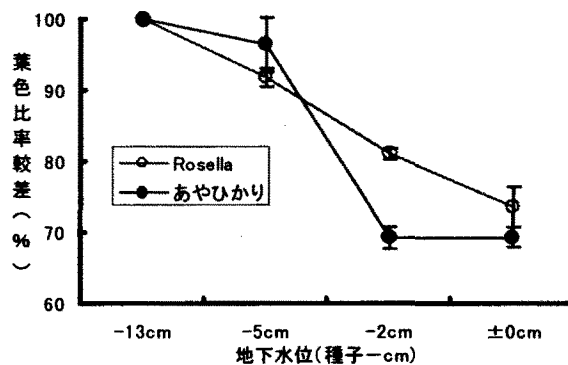


図3 処理13日後の葉色の対-13cm区比

## ヒママメレクチンによるイネの根の可逆的伸長阻害

林 弥智 ・ 谷本 英一

(名古屋市立大学大学院・システム自然科学研究科)

e-mail: m.hayash@gs.nsc.nagoya-cu.ac.jp

レクチンは糖を特異的に認識して結合する、植物やキノコがつくるタンパク質である。植物にとって、レクチンがどのような生物学的役割を果たしているかはまだ詳しくは明らかにされていないが、窒素固定や病原菌に対する防御を助けるものと考えられている。

一方、その精製しやすさや取り扱いやすさから、糖鎖特異的結合能を利用して、細胞壁の構成糖との相互作用の研究にも利用できる。保尊らは1987年、コンカナバリン A やミヤコグサレクチン、ハニエリシダレクチンがオーキシン誘導のアズキ上胚軸切片の伸長を抑制することを報告した。このことから、これらのレクチンが認識する D-マンノースや L-フコースがアズキ上胚軸の伸長に重要な役割を果たしていることが示唆された。茎を用いたこれらの研究では、表皮からのレクチンの浸透は困難である。一方根の表皮にはクチクラがなく、レクチンの浸透性は高いと考えられるので、我々は根の伸長成長系を用いてレクチンの作用を調査した。その結果、エンドウまたはイネの根においてはアズキの茎とは異なった結果が得られた。また引っぱり試験による細胞壁の物性の分析や糖の組成の変化についても合わせて報告する。

### <結果と考察>

#### レクチンによるイネとエンドウの根の伸長への影響

1 mg/ml のコンカナバリン A は成長をほとんど阻害しなかった。ガラクトース結合性のヒママメレクチン (RCA) とトウアズキレクチン (Abrin A)、マッシュルームレクチン (ABA) はレクチンを含まないコントロールに対して、それぞれ 87%、97%、68% 成長を抑制した。またこの RCA の阻害作用は可逆的であった。すなわち RCA を取り除いて少なくとも3時間後には処理前の成長速度に回復した。

#### ガラクトース特異性が阻害反応に影響する

処理液にラクトースを加えることによって阻害作用が弱められた。よってガラクトースとの結合特異性が阻害作用に関与していることが示唆された。

#### 細胞壁の伸展性と糖組成の変化

Abrin 処理をしたエンドウの根は、コントロールや阻害作用のなかったレクチンで処理をした根と比較して、伸展性が低下していることが分かった。また細胞壁糖組成をみると、ガラクトースは増加し、アラビノースは減少していた。この結果は、ジベレリン誘導伸長において知られている糖組成変化と一致した。イネについての分析は進行中である。

導管水  $\delta D$  解析による植物の水吸収特性評価の試み

関谷信人\* 矢野勝也 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学農学部 作物科学講座

TEL 052-789-5551 FAX 052-789-5558 E-mail [i971105m@mbox.media.nagoya-u.ac.jp](mailto:i971105m@mbox.media.nagoya-u.ac.jp)

水分子を構成する水素原子には  $^1\text{H}$  の他に安定同位体  $^2\text{H}$  (D) もごく僅かに存在する。 $^1\text{H}_2\text{O}$ ・ $^1\text{HDO}$ ・ $\text{D}_2\text{O}$  分子の挙動は位相転移などを通じて若干異なり、例えば同じ由来の水から発生した水蒸気と元の水とでは両者の水素の同位体比 (D/ $^1\text{H}$ ) が変化する事が知られている(同位体分別)。

降水と地下水とでは  $\delta D$  値 (試料中の同位体存在比と標準試料中の同位体存在比のズレを千分率; ‰ で表現したもの) が大きく異なるが、Dawson(1996)は樹木の導管水中  $\delta D$  値が明瞭な季節変動を描き、乾期には地下水の  $\delta D$  値に近づき、雨期には降水のそれに近づくことを示した。この事実は、その樹木が異なる水源から水分を吸収しており、季節によってその依存度が異なる事を示唆する。

我々は不透水層である硬盤層が発達した水田においては、硬盤層を境にして浅層と深層とで水分子の同位体分別が生じ、両層位の水分子の  $\delta D$  値に大きな差異をもたらすのではないかと考えた。もし、硬盤層を境にした上・下の土層で土壌水中  $\delta D$  値が大きく異なるのであれば、そこで生育する植物の導管水中の  $\delta D$  値を解析することで、その植物がどちらの水をどの程度利用しているかを明らかにする事ができると思われる。そこで本実験は水田転換畑にセスパニアを生育させ、その導管水中の  $\delta D$  値と硬盤層の上・下から採取した土壌水中の  $\delta D$  値を比較して、セスパニアによる異なる水源の水利用能を評価することを試みた。

## 【材料と方法】

名古屋大学農学部の水田転換畑に、2000年7月セスパニア(*Sesbania rostrata*)を移植した。11月まで生育させた後、土壌・植物体のそれぞれより水を採取した。土壌水は圃場から任意の10地点を選出し、その内の5点を土壌表面下100cm、残りの5点を土壌表面下20cmから土壌採水器(大起理化工業)により吸引採取した。また、導管液は以下の手順で採取した。任意の5個体を選出して基部から地上部を分離後、素早く切断部周囲にパラフィルムを筒状に巻きつけた。筒の中に食用油を注ぎ込む事で滲出液と空気の接触をなくした。十数分後、油を押し上げながら滲出してきた液を注射針で吸引して導管液とした。採取した水中の  $\delta D$  値を安定同位体質量比分析計にて解析した。

## 【結果と考察】

浅層土壌から採取した水分の  $\delta D$  値よりも深層土壌から採取した水分の  $\delta D$  値の方が低くなる傾向を示した。セスパニアから採取した導管液の  $\delta D$  値は深層土壌よりも浅層土壌から採取した水分の  $\delta D$  値に近い値を示し、この時のセスパニアはほとんど浅層土壌から水分を吸収している事が示唆された。しかし、浅層および深層から採取した水の  $\delta D$  値の差は予想以上に小さく、両者の  $\delta D$  値の差異が大きくなる条件(時期・隣接圃場等々)をさらに検討する必要がある。

## 参考文献

Dawson, T.D. and Pate, J.S.1996. Seasonal water uptake and movement in root systems of Australian phreatophytic plants of dimorphic root morphology: a stable isotopic investigation. *Oecologia* 107: 13-20.

## サツマイモ根系形成のライフコースの解析

佐藤 健\*・山内 章・飯島盛雄・矢野勝也・巽 二郎

(名古屋大学大学院生命農学研究科)

サツマイモ (*Ipomoea batatas* Lam.) 根系は不定根とそこから発生する側根から構成されている。また、この不定根のうちのいくつかは肥大し、収穫部位である塊根を形成する。これまで塊根形成過程については精力的に研究されてきた。一方で、それ以外の根を含む根系全体の形成過程、ならびに地上部の生長との関係についてはほとんど関心が払われてこなかった。そこで本研究では特に不定根を対象として、その発生、伸長、肥大・塊根形成、老化に注目し、根系形成過程を、莖葉部の生長と関係づけながら明らかにしようとした。

材料としてサツマイモ (品種: 高系 14 号) を用いた。透明アクリル製の根箱 (幅 100cm×高さ 40cm×厚さ 1.5cm) に木曽川壤質砂土を仮比重が 1.3 になるように均一に充填し、遮光シートで覆い、ビニールハウス内に前方に傾けて設置した。これを 3 箱用意した。各根箱にそれぞれ長さ 20cm ほどの苗を 1 本ずつ、2000 年 6 月 8 日に定植した。随時ホーグランド水耕液を与えた。根箱側面 (100cm×40cm の面) に出現した根端部分をアクリル板上にマークして発生日を記録し、根の伸長過程を追跡した。定植後 45 日目 (7 月 23 日) から塊根の肥大が始まり、塊根部分の肥大の様を経時的にトレースした。定植後 81 日目 (8 月 28 日) に一個体につき 40~80 本の根を根系全体からまんべんなく選び、その後の老化の進行を追跡した。根の老化の程度は外部形態より評価した。白色の根を 1 とし、枯死して組織の分解が進み消失しつつある根を 6 とし、6 段階の値を与え根の老化程度を定量化した。

定植 2 週間目からアクリル板越しに 10 本余の不定根の発生が観察できるようになった。後になって形成された塊根は全てこの中の根に由来していた。塊根にならなかった根は実験終盤 (定植後 150 日) には老化指数 5 以上になっていた。アクリル板越しに伸長が観察できる根の数は 12 本前後で、これ以降定植後 40 日目頃まで大きく変化しなかった。根の平均伸長速度は定植後 25 日目に最大値を示した (15mm/日)。この時期の根系全体の総伸長速度は 176mm/日 に達した。定植後 60 日目頃までは総根長は増加し続けたが、各根の伸長速度、根系の総伸長速度は漸減した。またこの頃には根箱の底面、両端まで根系が到達した。この時点で各不定根の基部付近から発生していた側根において部分的に老化指数 5 以上に達し、老化が進行し始めているのが確認された。不定根の肥大 (塊根形成) は定植後 45 日目頃から始まった。サツマイモの根は先に報告したトウモロコシ、ササゲと比べ老化進行が明らかに早く、老化指数は個体の生育に伴って直線的に上昇した。また最終的には根の存在が確認できなくなるほど分解が進む場合がある (全体の 5 割の根) ことが観察された。

今後は老化に伴う根の内部構造の変化を形態学的に明らかにしていく予定である。

ラヴェンダー (*Lavandula officinalis*) の青色色素生産に対する植物ホルモン、鉄の影響中西 史<sup>1\*</sup>、大石 理恵<sup>1</sup>、下村 講一郎<sup>2</sup><sup>1</sup> 東京学芸大学 教育学部 生物学科、<sup>2</sup> 国立医薬品食品衛生研究所 筑波薬用植物栽培試験場

\* 連絡先 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1 fuminaka@u-gakugei.ac.jp

ラヴェンダー (*Lavandula officinalis*) はシソ科の常緑低木樹であり、ヨーロッパにおいて古くから精油用の作物として栽培されてきた。精油生産を目的とした培養系の開発の過程で、茎や葉から誘導された培養細胞が培地中に青色の色素を分泌することが明らかにされている。この青色色素は培養細胞が分泌した有機化合物が培地中の $\text{Fe}^{2+}$ と結合することにより青く発色することが示されており、有機成分として3-(3,4-dihydroxyphenyl)-2-propenoic acidの(Z,E)-2-(3,4-dihydroxyphenyl) ethenyl esterとその(E,E)異性体や、1-methylethyl 3,4-dihydro-7,8-dihydroxy-5-methoxy-3,10-dimethyl-4-oxo-4H-naphtho[2,3-b]pyran-3-butanoateが同定されている。

ラヴェンダーは地中海沿岸を原産地とする。その土壌はテラロッサと呼ばれる赤色の塩基性土壌であり、土壌中の鉄の多くが $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の形で不溶化しているため、植物にとって直接利用できる鉄は非常に少ないと考えられている。我々はラヴェンダーの青色色素生産の生理的機能を解明することを目的とし、同植物体の根から新たに誘導した培養細胞や、培養植物体の地上部、不定根を材料とし、青色色素生産に対する植物ホルモンや鉄の影響を調べた。

液体培地中に2,4-DやBAを添加することにより、これらの材料も、地上部由来の培養細胞同様に青色色素生産を行うことを確認した。青色色素は液体培地中では不溶化しており、遠心操作により回収した青色色素は有機溶媒に対する溶解性や液体クロマトグラフィーにより複数の画分に分けることができた。メタノール不溶性画分中のFe、Mn、Zn(培地の主要重金属成分)の含有量を原子発光分析により測定したところ、それぞれ10.6、0.24、0.11% (w/w)であった。培養細胞による青色色素生産は、培地中の $\text{Fe}^{2+}$ 濃度の増加により顕著に促進された。また、地上部を植物ホルモン無添加の液体培地で培養した場合にも $\text{Fe}^{2+}$ により、色素生産が促進された。植物ホルモン無添加の固形培地で培養した植物体においては培地中の $\text{Fe}^{2+}$ が高くなるに従い、不定根の表面が青く着色する現象が観察された。

これらの結果より、ラヴェンダーは、外環境中の高レベルの $\text{Fe}^{2+}$ に反応して、 $\text{Fe}^{2+}$ を不溶化させる物質を分泌している可能性が考えられる。

セイヨウアカネ (*Rubia tinctorum*) の根に存在する primverosidase について

中西 史<sup>1\*</sup>、永澤 勇気<sup>1</sup>、下村 講一郎<sup>2</sup>

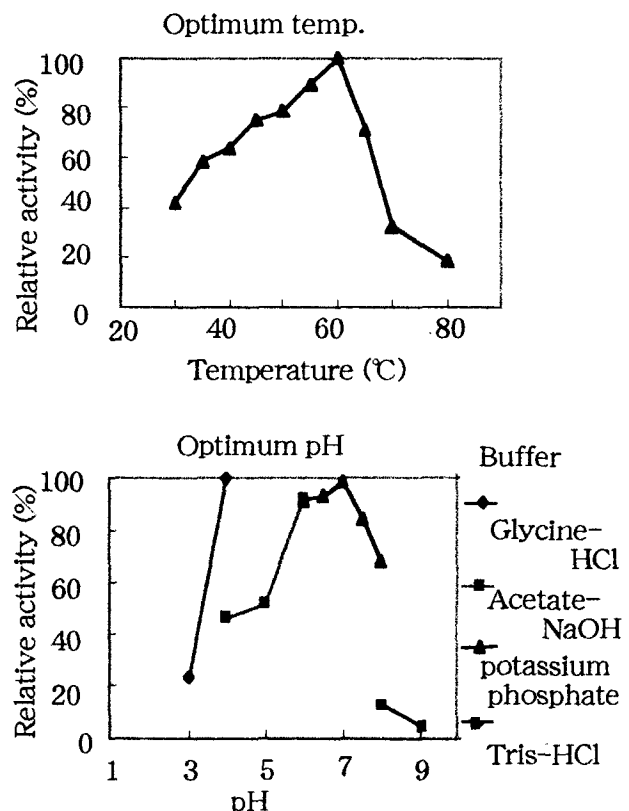
<sup>1</sup> 東京学芸大学 教育学部 生物学科、<sup>2</sup> 国立医薬品食品衛生研究所 筑波薬用植物栽培試験場

\* 連絡先 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1 fuminaka@u-gakugei.ac.jp

*Rubia* 属の根はアントラキノン系色素を多量に含み、日本の国旗の染色など古来から様々な用途に用いられてきた。これまで解熱、強心、止血効果等の根の薬理作用について調べられているが、本色素の植物体自身での機能については不明な点が多い。植物体内のアントラキノン系色素の多くは配糖体 (primeveroside 等) として存在しており、若い根は明るい橙色を呈しているが、この根に傷害を与えると急速に赤色へと変化する。本研究では材料としてセイヨウアカネ (*Rubia tinctorum*) の毛状根を用い、傷害により引き起こされるアントラキノン系色素の組成変化とその変化に關与する酵素である primeverosidase について実験を行った。

毛状根を押しつぶすことにより傷害を与えたときのアントラキノン系色素の組成変化を、HPLCを用いて分析を行ったところ (抽出は90% EtOH で80℃、15分間加熱後、一晚室温で放置して行った)、強い変異原活性を持つ lucidin の増加と、その二糖配糖体である lucidin-3-O-primeveroside (Luc-P) の減少が認められた。

Luc-P から lucidin への変化は傷害処理直後から起こることから、この反応に關与する酵素、primeverosidase は、無傷な根に既に存在していると考えられる。基質として毛状根から抽出、精製した Luc-P を用いた assay 系を構築し、無傷の毛状根からリン酸緩衝液(0.1M, pH7.0)で抽出、硫酸分画(40-80%)した粗タンパク質画分を、40℃で5分間反応させたところ、lucidin が主生成物として検出された。DEAE-Sephadex A-50を用いた陰イオン交換クロマトグラフィーを行い、50mM NaCl溶出画分に本活性を検出した。この画分におけるprimeverosidase 活性の至適 pH、至適温度は、それぞれ7.0、60℃付近であった。(右図)





## ジベレリンによるエンドウ根の細胞壁ヘミセルロース分子量分布の変動

梅田 高呂・Huber DJ, Capek P, 谷本 英一  
(名古屋市立大学大学院 システム自然科学研究科)

E-mail: t.umeda@gs.nsc.nagoya-cu.ac.jp

細胞壁は根の成長を律速し、細胞形態を最終的に決めている。細胞壁を構成する多糖類のうちヘミセルロースに含まれる多糖類は、細胞壁の粘弾性を担う構成要素である。双子葉植物の細胞壁には、アラビノガラクトサンやキシログルカンが主成分として含まれ、キシログルカンの分子量分布、主鎖のつなぎ換え、およびセルロースとの結合が細胞壁の伸展性に貢献していることが茎や幼葉鞘などのオーキシン感受性器官で明らかにされている。

一方、根の細胞壁に関して我々は、ペクチンの分子量分布がジベレリンによって変化することを報告したが、ヘミセルロースへのジベレリンの効果はまだ明らかではなかった。

そこで、本報告では我々が確立したエンドウ主根のジベレリン誘導伸長成長の実験系を用いて、ジベレリン合成阻害剤の一種アンシミドール＋ジベレリンA3処理によって、ヘミセルロースの中性糖とキシログルカンの分子量分布がどのように変化するかを計測した。また、これらの分子量分布は、細胞齢によって変動することが予測されるので、根の先端から基部に向かって異なる部分の細胞壁を調整しそれらを比較した。

## &lt;方法&gt;

アラスカエンドウを定法により水耕栽培し、3日間 +アンシミドール (10 $\mu$ M) +GA3 (1 $\mu$ M) で処理したのち、根端から 0-2 mm (Zone1), 2-6 mm (Zone2), 6-10 mm (Zone3), 10-14 mm (Zone4) の4つの部分に分けて採取した。各ゾーンから細胞壁を調整し、ヘミセルロース画分をゲル濾過カラム (sepharose 4B) で分画し分子量の分布を求めた。中性糖の定量には phenol-硫酸法を、キシログルカンの定量にはヨウ素法を用いた。

## &lt;結果と考察&gt;

## 【中性糖の分布】

Zone 1 から 4 へ基部に向かうほど、低分子化が進む傾向が見られた。アンシミドール処理によって、さらにその低分子化が促進された。ジベレリン処理によって低分子化は軽減された。

## 【キシログルカンの分布】

キシログルカンの分子量もアンシミドール処理によって低分子化が促進された。また、ジベレリン処理によって低分子化は抑制された。これらの分子量分布の変動は、基部の Zone 3, Zone 4 において顕著であった。

これらの結果から、ジベレリンによって伸長成長が盛んな根では、大きなヘミセルロース分子が常に供給されているが、アンシミドールによって伸長が抑制され、肥大が起こっている、根ではヘミセルロース特にキシログルカンの供給が低下し、低分子化が進行していることが予測された。また、茎におけるオーキシン誘導伸長とは異なり根では、これらの分子の低分子化と伸長成長速度を増加は相関がないことが示された。

## 菌根共生系を介したキマメにおける難溶性リン酸の利用

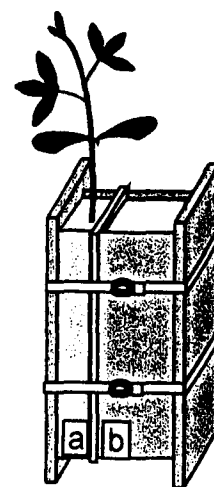
柴田玲子\*・矢野勝也 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

前報<sup>1)</sup>では、難溶性リン酸の溶解・利用能が高いとされるラッカセイやキマメに菌根を形成させると、種々の難溶性リン酸添加土壌からのリン吸収能が大きく促進されることを確かめた。この機構として、1) 菌根菌菌糸が直接難溶性リン酸を溶解する、2) 根分泌物によって遊離したリン酸イオンを菌糸が効率よく獲得して植物根に輸送する、が想定された。本報告では、菌糸のみが侵入可能な土壌分画を設け、いずれの機構によって菌根形成が難溶性リン酸の利用能を向上させうるのかを明らかにすることを目的とした。

**材料・方法** 第1図のような根箱 (8 cm×25 cm×30 cm) のAおよびB分画両方に、オートクレイブ殺菌した赤玉土を充填し、A分画にKNO<sub>3</sub>および *Gigaspora margarita* Becker & Hall の孢子を含んだ菌根菌接種源を加え、一方のB分画にはリン酸資源として難溶性リン酸のAlPO<sub>4</sub>を加えた。半数の根箱には、ナイロンメッシュ (50 μm径; 菌糸は通過可能) と不織布の間に金網を置いてA・B分画の土壌が接触しないようにし (Gap+), 残りの半数は金網を抜いて両分画土壌の接触を可能とした (Gap-)。さらに、それぞれのGap処理区内で、半数の根箱に対しては、ほぼ毎日ナイロンメッシュと不織布の間にプラスチック板を通してA-B間を結ぶ菌糸を切断し (Cut+), それ以外の半数は切断処理を施さなかった (Cut-)。両処理を組み合わせ、次の4処理区を設けた; Gap+Cut+区 (A-B間で溶質の移動は起きない), Gap+Cut-区 (菌糸を介してのみA-B間の溶質移動は可能), Gap- Cut+区 (拡散・マスフローでのみA-B間の溶質移動は可能), Gap-Cut-区 (拡散・マスフローあるいは菌糸を介して溶質の移動が可能)。これらの根箱に、キマメ (*Cajanus cajan* (L.) Millps.) を播種し、自然光型人工気象室 (昼温30°C, 夜温25°C, 相対湿度70%, 16時間日長) で生育させた。週に一度、菌根菌以外の土壌微生物フローラを揃える目的でろ過した土壌懸濁液と、P以外の養分をHoagland溶液で与えた。播種後77日目にサンプリングを行った。

**結果・考察** 草丈および葉数では、播種後40日前後からGap- Cut-区が他の区よりも高く推移した。サンプリング時の葉面積および地上部・根乾物重ではいずれもGap-Cut-区が他よりも有意に大きかった。また、植物体中のリン含量も同様にGap-Cut-区で他よりも有意に高く、他の3つの区は低いリン含量にとどまるとともにそれら3区画内には有意な差異が認められなかった。もし、菌根菌菌糸が直接Al-Pを溶解する能力が高ければ、Gapの有無に関わらず菌糸の切断処理によってキマメのリン含量は大きく低下するはずである。したがって、本実験結果は菌糸がAl-Pをほとんど溶解できないことを示唆している。一方、根からの分泌物が拡散・マスフローによってA-B間を移動できるGap-処理区内でのみ、菌糸切断処理によるリン含量の低下が認められたことは、根分泌物によって遊離したリン酸イオンを菌糸が獲得してキマメに輸送することを支持する結果となった。

<sup>1)</sup>柴田玲子・矢野勝也 1999. 根の研究 8:145.



第1図. 本実験で使用した根箱. a, b間にはa側から、ナイロンメッシュ、不織布をはさむ. Airgapを設ける区ではナイロンメッシュと不織布の間にステンレス製の網をはさむ.

## アルミニウムによるコムギ根の伸長阻害と細胞壁成分の変化

田淵彰・松本英明

岡山大学資源生物科学研究所

(〒710-0046 倉敷市中央 2-20-1, Tel:086-434-1209, Fax:086-434-1210)

### はじめに

アルミニウム (Al) は酸性土壌において可溶化し、ほとんどの植物の生育に対して 毒性を示す。Al イオンの毒性のもっとも特徴的な症状は根の伸長阻害である。Al イオンは主に根端部の細胞に作用し、多くの Al イオンが根端部の細胞の細胞壁に結合し、蓄積する。したがって、Al イオンによる根の伸長阻害は細胞壁でおこる毒性機構によってもたらされる可能性が考えられる。また、細胞壁は植物細胞の伸長の制御に関与することから、Al ストレスを受けた植物の根では、様々な細胞壁成分が変化していると考えられる。そこで本研究では、細胞壁における Al 応答反応を明らかにするために、コムギ根を材料として用い、Al ストレスを与えた根の細胞壁の力学的および化学的性質について調べた。

### 材料および方法

播種 4 日後のコムギ (*Triticum aestivum* L.) の Al 耐性品種 (Atlas) と感受性品種 (Scout) を 10mM の  $AlCl_3$  を含む 500mM の  $CaCl_2$  溶液中で 6 時間生育させた。Al 処理後、根端から 1cm の部位を採取し、沸騰メタノール中で 5 分間固定した。固定した根を水に戻し、根端から 1-3mm の部分の細胞壁の伸展性を測定した。その後、根端から 1cm の部位を磨碎し、細胞壁多糖 (ペクチン、ヘミセルロース、セルロース) を分画した。

### 結果および考察

10mM の Al、6 時間処理で、Atlas 根では伸長の阻害は見られなかったが、Scout 根ではコントロールに対し約 50% の伸長阻害が見られた。また、同処理で Atlas および Scout 根の細胞壁の伸展性が減少した。しかし、伸展性の減少は特に Scout 根で顕著であった。これらの結果から、Al は根の細胞壁を堅くすることによって伸長生長を阻害することが示唆された。このような力学的性質の変化は細胞壁の化学的性質に由来すると考えられる。細胞壁多糖の分析の結果、Al 処理により Scout 根細胞壁のヘミセルロースのみが他の成分や Atlas に比較しても大きく増加した。さらに Scout の根端から 2.2mm の部域ごとにヘミセルロース量を調べたところ、根端から 4.4mm までの伸長域を含む部域で増加が大きいことがわかった。

以上の結果から、Al ストレスを受けた根において、伸長域の細胞壁ヘミセルロース量の増加による細胞壁の肥厚は、細胞壁の伸展性の減少および根の伸長阻害に関与することが示唆された。