

## 第 2 1 回根研究集会発表要旨

2004年10月16日(土)

東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場

## 研究会賞受賞講演

## 【学術功労賞】

Developmental and functional anatomy of root cortex in relation to plant tolerance for environmental stress  
Alexander Lux<sup>1,2</sup> and Miroslava Luxova<sup>3</sup> (1 Comenius University in Bratislava 2 Field Production Science Center, The University of Tokyo; 3 Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences)

## 【学術奨励賞】

耕地生態系における植物水分動態の水素安定同位体を利用した解析  
関谷信人 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

## 一般発表

- トマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値から養液土耕の適性施肥量を推定する  
中野明正<sup>1</sup>, 川嶋浩樹<sup>2</sup>, 渡辺慎一<sup>2</sup>, 上原洋一 (1 農水省技術会議事務局, 2 野菜茶業研究所果菜研究部)
- 地上部の水要求に対するササゲ根系の通導コンダクタンスにおける変化  
荒木英樹<sup>1</sup>・辻 渉<sup>2</sup>・稲永忍<sup>2</sup> (1 山口大学農学部附属農場, 2 鳥取大学乾燥地研究センター)
- 剪根処理がスイカの地上部生育と収量に及ぼす影響  
阿部 淳<sup>1</sup>・鷲頭 登<sup>2</sup>・加藤洋一郎<sup>2</sup>・森田茂紀<sup>2</sup> (1 東京大学大学院農学生命科学研究科, 2 同 附属農場)
- 根圏ホスファターゼ活性の画像解析: マッピングと定量  
矢野勝也・高相和佳 (名古屋大学大学院生命農学研究科)
- カボチャ根導管液に含まれるメチルグリシンの乾燥耐性への関与  
小田 篤・清水真都香・黒羽 剛・佐藤 忍 (筑波大学大学院生命環境科学研究科)
- オオムギにおけるストレス応答性遺伝子 MAPK および CAX の単離と機能解析  
紙本宜久・柴坂三根夫・且原真木 (岡山大学資源生物科学研究所)
- ダイズにおける湛水処理中および回復期間中の気孔コンダクタンスと小葉の挙動  
金田衣代・荒木英樹 (山口大学農学部附属農場)
- 畝内条施肥がキャベツの根系分布、窒素吸収および窒素動態に及ぼす影響  
菊地直・村上弘治 (野菜茶業研究所)
- 肥効調節型肥料を用いた施肥法とダイズの根系発達  
二瓶直登<sup>1,2</sup>・遠藤あかり<sup>1</sup>・田野井慶太郎<sup>2</sup>・飯倉寛<sup>2</sup>・中西友子<sup>2</sup>  
(1 福島県農業試験場, 2 東京大学大学院農学生命科学研究科)
- リン欠乏に対するラッカセイの1次側根の伸長方向の変化  
塚本葉子<sup>1</sup>・田島亮介<sup>2</sup>・森田茂紀<sup>2</sup>・阿部淳<sup>2</sup>  
(1 東京大学農学部, 2 東京大学大学院農学生命科学研究科)
- Root responses to drought and rewatering in relation to the shoot growth recovery in cassava (*Manihot esculenta* Crantz)  
Juvy Oliva Q. Subere and Akira Yamauchi (Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University)
- 浸透圧ストレスに曝されたソルガムの蒸散速度および吸水能力におけるケイ酸施用の効果  
服部太一朗<sup>1</sup>・稲永忍<sup>1</sup>・荒木英樹<sup>2</sup>・安 萍<sup>1</sup> (1 鳥取大学乾燥地研究センター・2 山口大学農学部附属農場)
- オオムギ根の水輸送とアクアポリンファミリー  
且原真木・西村秀希・柴坂三根夫 (岡山大学資源生物科学研究所)
- 耐乾性の異なるソルガム2品種における下層からの吸水能力  
辻 渉<sup>1</sup>・稲永忍<sup>1</sup>・荒木英樹<sup>2</sup>・安 萍<sup>1</sup>・渡部美香<sup>1</sup> (1 鳥取大学乾燥地研究センター・2

山口大学附属農場)

カスパリー線の形成に伴って、細胞壁からペクチン質は除去されるのか？

土屋紀之・唐原一郎 (富山大学理学部)

生体染色における根の観察

西浦芳史・三窪直美・藤浦建史 (大阪府立大学農学部)

ムラサキ根におけるシコニンの蓄積

谷崎智子・巽 二郎

(京都工芸繊維大学 生物資源フィールド科学センター)

根圏微生物相の新しい解析手法について

土肥哲哉<sup>1</sup>・阿部淳<sup>2</sup>・萩原祐介<sup>2</sup>・森田茂紀<sup>3</sup>

(1 西原環境テクノロジー, 2 東京大学農学生命科学研究科, 3 同附属農場)

挿し木接ぎした茶樹における枝の構成に及ぼす地下部品種の影響

松尾喜義・荒木琢也・佐波哲次 (野菜茶業研究所)

生分解資材を用いた接ぎ木用苗の栽培における根の分布

西浦芳史・前本了一・竹田洋子 (大阪府立大学農学部)

キャパシタンス計測による樹木根系調査ー 地上部伐採後の経時変化

長島伴博<sup>1</sup>・井出洋輔<sup>1</sup>・河原輝彦<sup>1</sup>・本間知夫<sup>2</sup>

(1東京農業大学・2東京医科歯科大)



農場内のフィールド散策会 (17日)



ミニライゾトロン。右側は伊藤香織研究集会実行委員長

## Developmental and functional anatomy of root cortex in relation to plant tolerance for environmental stress

Alexander Lux<sup>1,2\*</sup> and Miroslava Luxová<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Plant Physiology, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava, Mlynská dolina B-2, SK-84215 Bratislava, Slovak Republic; <sup>2</sup>Field Production Science Center, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Japan; <sup>3</sup>Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 14, SK-84523 Bratislava, Slovak Republic

\* E-mail: lux@fns.uniba.sk

The endodermis is the most important part of the root cortex. The whole root cortex might be designated as a root buffer zone, especially under stress conditions. In monocotyledons, it might persist during the entire life of the root. In dicotyledons, with limited secondary thickening it might persist for a long time and be subject to dilatation growth. In intensively secondary-thickening roots, the cortex gradually deteriorates and is replaced by secondary tissues—the periderm.

The endodermis, and to some extent the exodermis, represent apoplastic barriers that control the uptake and radial transport of water and solutes by the root in its younger parts. This function is a consequence of cell wall modifications: the Casparian band in the first developmental state and suberin lamella in the second. Creation of Casparian bands might be the final stage in some dicotyledons and monocotyledons. In other species, mostly dicotyledons, the development of the endodermis is finished by the second state. In still another species the third state take place, the development of thick secondary walls. Endodermis at this state protects the stele and vascular tissues in older root parts, and its function is already mostly mechanical. The impregnation of endodermal cells walls by silicon takes place in some species at this state. The function and advantages of this ability are still subject of investigation.

The development of endodermis varies between the species and between the types of roots of the same species. It is subject to changes also during the life span of the given root. In young, actively and fast growing root under optimal conditions the individual ontogenetic stages start at a greater distance from the root tip than in older and slowly growing root. In non-growing, aged or stressed roots the endodermis may be developed up to the root apex. Recently we have developed a new technique for visualization of endodermal development suitable for some species in the whole-mount roots.

The development of endo- and exodermis influences the ion uptake processes of the root. The relationship between the accumulation and translocation of cadmium and sensitivity to this toxic metal and endodermal anatomy exists in willow (*Salix*) clones. Moreover, the proportion of root apoplastic barriers, exo- and endodermis to other root tissues is increased in clones with higher tolerance to Cd ions. In metal hyperaccumulator species (*Silene dioica*, *Thlaspi caerulescens*) the differences amongst ecotypes demonstrate the specific structural adaptation of roots to the soils with increased metal content.

The structural changes of endodermis (and to some extent also of the other cortical layers), in the roots during secondary growth underline the importance of these tissues also in older roots. Dilatation growth of endodermis proceeds for a long time in old root parts in numerous species. The cell division of highly specialized endodermal cells is an interesting cytological phenomenon with important functional consequences, which are not well understood or explained yet.

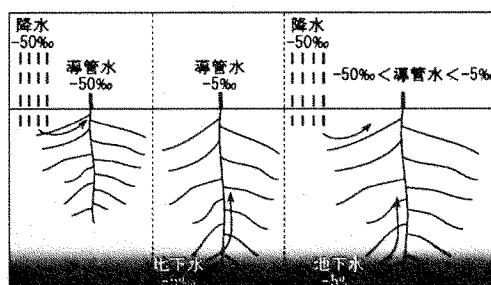
## 耕地生態系における植物水分動態の水素安定同位体を利用した解析

関谷 信人

名古屋大学大学院生命農学研究科 (e-mail: nsekiya@nuagr1.agr.nagoya-u.ac.jp)

自然界の水分子には、 $H_2O$  に加えて水素安定同位体を含んだ  $DHO$  や  $D_2O$  が僅かながらに存在する。それぞれの分子は拡散速度や反応速度が異なる結果、自然界の様々な水資源は異なった同位体比 ( $D/H$  比) を持つことがほとんどである。しかし、 $D/H$  比の変動は非常に小さく、その僅かな変動を強調するため通常は  $D/H$  比を千分偏差 ( $\delta D$  (‰:パーミル)) によって表現する。植物が利用可能な様々な水資源も  $\delta D$  が異なり、これを利用して植物が依存する水資源を特定する手法が発達してきた。

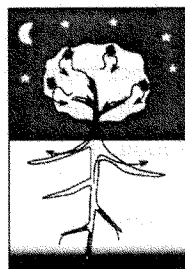
例えば、第1図左端の植物は降水 ( $-50\%$ ) のみに依存するため導管水  $\delta D$  は  $-50\%$  になる。また、中央の植物は地下水 ( $-5\%$ ) のみに依存するため導管水  $\delta D$  は  $-5\%$  になる。そして、右端の植物は降水・地下水の両方に依存するため導管水  $\delta D$  は  $-50\%$  と  $-5\%$  の間で推移し、降水により多く依存すれば  $-50\%$  に近づき、地下水により多く依存すれば  $-5\%$  に近づくことになる。



第1図

このような水資源と導管水における  $\delta D$  の関係を利用することで、植物が依存する水資源を特定することが可能になる。大きな根系を持つ木本植物では、異なる  $\delta D$  を有する水資源にアクセスし易いので比較的容易に本手法を適用できる。そのため、 $\delta D$  解析は主に森林生態系を中心に利用されてきた。しかし、根系サイズが小さい耕地生態系での利用はこれまで皆無であった。

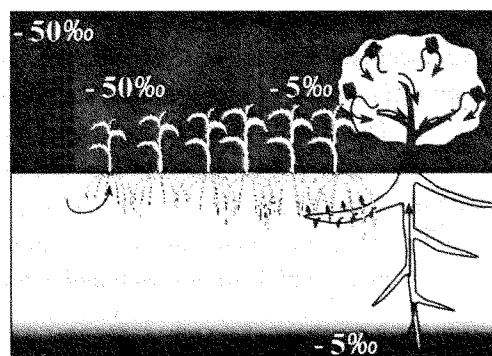
そこで私は、本手法をザンビア共和国の耕地で生育させたキマメ・セスバニアに適用し、両作物の降水・地下水に対する依存度の季節変動を調査した。その結果、降水・地下水への依存度の季節変動は両作物間で異なることを明らかにし、本手法を耕地生態系でも利用できることを実証した。



第2図

ある種の深根性植物では、湿った深層土壌から吸収した水を乾いた表層土壌に放出する hydraulic lift 現象が観察されている (第2図)。私は、深根性植物に隣接して作物を生育させれば、作物がアクセスできない地下水を hydraulic lift によって供給することができると考えた。そこでザンビア共和国の耕地において、キマメに隣接してトウモロコシを生育させる実験を行った。もしキマメの hydraulic lift によって地下水がトウモロコシへ供給されるならば、トウモロコシの導管水  $\delta D$  は第3図で示すようにキマメからの距離によって変動するはずである。

そして解析を行ったところ、キマメから近いトウモロコシほど導管水  $\delta D$  は地下水  $\delta D$  に近づき、仮説を支持する結果となった。そこで大型根箱に両作物を生育させ、キマメの深根のみに重水 ( $D_2O$ ) を吸収させる実験を行った。すると、トウモロコシ導管水においても高い濃度の  $D_2O$  を検出できたことから、キマメは深根で吸収した水を隣接する植物へ供給する能力のあることが裏づけられた。これらの結果から、キマメの hydraulic lift 現象を「スプリンクラー」として活用できることが圃場レベルで初めて実証されたことになる。



第3図

以上のように、 $\delta D$  解析は耕地生態系においても利用可能であり、植物水分動態の解析において大きな力を発揮することが実証された。

## トマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値から養液土耕の適性施肥量を推定する

中野明正<sup>1</sup>, 川嶋浩樹<sup>2</sup>, 渡辺慎一<sup>2</sup>, 上原洋一<sup>3</sup>

(1 : 農林水産省農林水産技術会議事務局〒100-8950 東京都千代田区霞が関 1-2-1 [anakano@affrc.go.jp](mailto:anakano@affrc.go.jp), 2 : 野菜茶業研究所果菜研究部栽培システム研究室〒470-2351 愛知県知多郡武豊町字南中根 40-1 3 : 同環境制御研究室)

**緒言 :** 灌水同時施肥 (養液土耕) は, 少量の液肥を希釈しながら灌水時に施用する方法である。そのため, 綿密な施肥管理が可能となり, 特に高品質な生産物が求められる果菜類において導入が進みつつある。本研究では, まず, 施肥量とトマトの生産性および糖度との関係を明らかにした。また, 施用窒素量を減少させた場合の地力窒素からの窒素補完について窒素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$  値) からの推定を試みた。これにより, 施肥量と地力窒素依存度との関係を明らかにした。さらに, 異なる施肥量の無機養液土耕栽培と有機養液土耕栽培および水耕栽培においてトマトの収量, 糖度および  $\delta^{15}\text{N}$  値を比較することにより, それぞれの栽培法の特徴を明らかにした。

**材料および方法 :** 愛知県知多郡大府市吉田町地区内に設置した高軒高温室 (400m<sup>2</sup>, 軒高 4m) 内の, 西半面に土耕用試験区 (土耕区) 200m<sup>2</sup> を配置し, 東半面に水耕用試験区 (水耕区, 平均窒素施用量 81mgN/日/株) を配置した。土耕区の中には無機養液土耕区 (無機養液区) と有機養液土耕区 (有機養液区, 平均窒素施用量 68mgN/日/株) を設けた。その内, 西端の畝は CSL を用いた有機養液区とした。西端から 2 番目から 4 番目の畝は, 無機肥料を用いた無機養液区とした。無機養液区の中では施肥量を濃度の低い順に I, II, III, IV 区 (平均窒素施用量はそれぞれ 27, 41, 54, 81mgN/日/株) とした。果実の収量および糖度を調査後, 果実の  $\delta^{15}\text{N}$  値をそれぞれの区の 2, 6, 10 段において質量分析計 (DELTAplus, Thermo Finnigan 社製) で測定した。

**結果および考察 :** 無機養液区内においては施肥量の増加にともない収量は増加したが, 糖度への影響は小さかった。灌水量が多かった有機養液区または根圏へのストレスが小さいと考えられた水耕栽培においては, 無機養液土耕区に比べ収量は多かったが, その分糖度が低下していた。トマトの糖度は, 施肥量や施肥窒素が有機か無機かよりも灌水量などの水分ストレスによって最も大きく影響を受けると考えられた。平均窒素添加量に対するトマト果実の  $\delta^{15}\text{N}$  値の関係では, 施肥量が増加するに従って, 果実の  $\delta^{15}\text{N}$  値は肥料の  $\delta^{15}\text{N}$  値 - 0.2% に近づいた。地力に依存せず生育できる窒素施肥量を推定したところ 110mg/日/株となった。また  $\delta^{15}\text{N}$  について 2 ソースモデルを用いて, 無機養液区における地力窒素の依存率について評価したところ, それぞれの無機養液 I, II, III, IV 区の依存率は, 78%, 69%, 36%, 22% となり, 施用窒素量が少ないほど地力窒素に対する依存率が高くなることが示された。これは, 低窒素区ほど, 地力窒素の吸収割合が多くなり, それにより生育が維持されていたことを裏付けるものである。従って, トマトの生育を安定化させるためには低窒素施肥条件ほど地力窒素が重要な役割を果たしていることが示唆された。

## 地上部の水要求に対するササゲ根系の通導コンダクタンスにおける変化

荒木英樹<sup>1\*</sup>・辻 渉<sup>2</sup>・稲永忍<sup>2</sup><sup>1</sup>山口大学農学部附属農場, <sup>2</sup>鳥取大学乾燥地研究センター

ahide@yamaguchi-u.ac.jp 〒753-8515 山口市吉田 1677-1

植物の根には種々の環境ストレスに対して適応的に反応する能力がある。とくに、地上部で葉の水欠乏が生じやすい環境では、根の成長を促進して地上部に対して大きな根系を形成することが知られている。しかし、植物を取り巻く水環境は時々刻々と変化するため、根の成長のような時間のかかる反応だけでは適応することができないと予想される。植物の根には、急激な地上部の「渇き」にも反応する俊敏な適応能力があるのではなかろうか？本報では、根の通導コンダクタンスを吸水力の指標として、地上部の水要求が根の吸水機能におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 【材料と方法】

人工気象室内（昼 16 時間 30℃ 相対湿度 RH 30%, 夜 8 時間 25℃ RH 40%）において、ササゲ（耐乾性品種 TVU-11979 および感受性品種 TVU-7778）を 1L のプラスチックポットで生育させた。複合化成肥料を混合した鳥取砂丘砂土を充填したポットに催芽した種子を播種し、各ポット 2 個体植えとした。ポットには毎日十分に灌水を行った。播種後 14~17 日に地上部の蒸散要求度が小さくなるように、湿潤紙被服処理（湿らせたキムタオルで地上部全体を被覆した）と高湿度処理（RH 70%）を行った。前者の処理では両品種、後者では TVU-7778 のみを供試した。処理は照明が点灯する前から開始した。照明点灯後 4~7 時間に根系の通導コンダクタンス  $k$  をハイプレッシャーフローメーターを用いて測定した。地上部を切断した後、速やかに茎の切り口から加圧した水を流入させ、そのときに生じる流水速度  $F$  と圧力  $P$  の関係、すなわち  $F=k\Delta P$  から  $k$  を求めた。また、TVU-7778 を供試して、低湿度（RH40%）と高湿度（RH85%以上）条件下で夜明け前から点灯後 9 時間目までの葉身の水ポテンシャルと  $k$  の日変化を測定した。

## 【結果と考察】

ササゲの幼植物体を用いて、根系の通導コンダクタンス  $k$  を測定した結果、加圧した圧力  $P$  が 0.25MPa までの低圧領域では流速  $F$  と  $P$  との間に直線的な相関関係は起こらないものの、圧力が 0.25MPa よりも大きくなるにしたがって、両者の間に高い正の相関関係が得られた。この回帰直線の傾き  $F/\Delta P$  を  $k$  とした。湿潤紙被服処理を行った結果、いずれの品種においても蒸散要求度が高い無被服処理区の  $k$  は被服区よりも大きかった。点灯後 4 時間目に測定を行った TVU-7778 では、すでに処理区間で  $k$  に大きな違いが認められた。高湿度と低湿度環境に曝された TVU-7778 でも、無被服区と同様に、蒸散要求度が高い低湿度条件の個体で  $k$  が高くなった。異なる大気湿度条件下で  $k$  の日変化を求めたところ、低湿度条件では照明点灯後 6 時間目をピークとする山なりの日変化が観察されたのに対し、高湿度条件の  $k$  は点灯前とほぼ同様の低い値で推移した。点灯後 3 時間目に低湿度条件の個体では葉身の水ポテンシャルが一時的に低下したが、 $k$  がピークに達した点灯後 6 時間目以降は徐々に水ポテンシャルが上昇した。以上の結果から、高蒸散要求条件に曝されたササゲは、根の通導コンダクタンス、すなわち根の透水性を高めることによって適応的に根の水吸収機能を向上させた。この適応反応は、地上部の水分状態を改善するひとつの要因になっていると推察された。

## 剪根処理がスイカの生育と果実収量に及ぼす影響

阿部 淳<sup>1\*</sup>・鷲頭 登<sup>2</sup>・加藤洋一郎<sup>2</sup>・森田茂紀<sup>2</sup>

(1: 東京大学大学院農学生命科学研究科; 2: 同 附属農場; \* E-mail: abejun@agrobio.jp)

スイカ (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) は、熱帯アフリカ原産の乾燥した気候に適応した作物でその根系の機能は高いと考えられる。日本では、ツルワレ病を防ぐためユウガオ (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. var. *hispida* (Thunb.) H.Hara) などを台木とした接木苗を用いることが多いが、ユウガオもウリ科であることから養水分の吸収機能に優れていると予想される。本研究においては、剪根処理で根量を減らすことにより、果実の成熟期間における、茎葉の生育と果実収量に対する根系の寄与の程度を評価することを試みた。

**材料と方法** 東京大学附属農場 (西東京市) において、2003 年にはスイカ大玉品種 夏武輝 (かぶき; タキイ交配) と小玉品種 紅小玉 (サカタ交配) を、2004 年には大玉品種 夏武輝を栽培した。いずれも、ユウガオを台木とする摘心済みの市販苗を用いた。施肥・敷きわらした後に、幅 1.5m のビニールマルチを施した圃場で、2003 年は 5 月 14 日に、2004 年は 5 月 9 日に、本葉 5-6 葉の苗を株間 2m で 1 列に定植し、約 3 週間のトンネル栽培の後、露地栽培した。つるの剪定は行わなかった。第 1 果が拳程度の大きさ (約 1 kg) になった 6 月下旬に無作為に株を選び、2003 年においては根の約半分を、2004 年においては根の約半分から 9 割程度を株際で切断することを意図して、株から約 5cm の位置で 4 箇所、深さ 20cm 程度まで土壌に包丁を差し込んで根を切断した。収穫期 (2003 年 7 月 31 日; 2004 年 7 月 22 日) に、剪根した株 (剪定株) と剪根しない株 (対照株) のなかから無作為に選んだ各 3 株について、茎葉および果実の新鮮重を測定し、さらに各株の新鮮重上位 3 つの果実については屈折式糖度計を用いて糖度 (Brix%) を測定した。根のおよその残存量は、主根および太い 1 次側根の残存数により評価した。さらに 2004 年においては、収穫 5 日前に剪根株・対照株各 3 株について、すべてのつるを基部近くで切断して出液をガラス瓶に採取し、出液速度を評価した。

**結果と考察** 2003 年は冷夏で果実成熟期間中の降雨量が多かったのに対して、2004 年は同時期の降雨がきわめて少なく土壌表層部 (深さ 0-20cm) の体積含水率は 17% まで低下した。2003 年において、地上部は長さ 5.5-8.5m (55-85 節) の主要なつる 4-6 本から構成され、これら主要なつるに十数本の側枝が形成されていた。根は主根と太い 1 次側根が 10 本程度あって、地表面から深さ 10-20cm ほどの浅い土壌中を伸長して広く展開し、それぞれが土壌深層まで伸びる細くて長い側根を多数形成していた。太い 1 次側根の一部を調べたところ、長さは 5-8m あった。2004 年においては、さらに生育が良く、主要なつるは 5-7 本、主要な根は平均 13.5 本であった。2003 年においては、剪根により、茎葉新鮮重は大玉品種で対照株の 6 割、小玉品種で 4 割まで低下したが、上位 3 個の果実重量と糖濃度には有意な差異がみられなかった。すなわち根量が約半分に減ることで地上部生育自体は影響を受けるものの、茎葉と果実との間の分配比の変化により果実収量への影響は小さかった。これは、水稻の剪根処理に対する反応と似た結果である。一方、2004 年においては、主要な根の残存数が、出液速度や茎葉新鮮重と比例しており、果実の新鮮重とは対数関数的な関係を示した。すなわち、剪根による成熟期間中の根の量や機能の低下によって、果実重も、茎葉重に比べると緩やかではあるが、減少した。以上、関東地方の気象条件下においては、ユウガオ台木でつるの剪定を行わないスイカの場合、茎葉の旺盛な生育は根系の機能の高さに負うところが大きいものの、経済的に重要な果実の形成という観点からは根量に余裕があり、干ばつ年においてちょうどつり合うような、地上部-地下部のバランスになっているものと考えられる。

**謝辞:** 本研究の栽培と調査に際しては、東京大学附属農場の技術官 市川健一郎、山崎千夏、中田静恵、木村宏の 4 氏と同農場の学生諸氏にお世話になった。気象に関するデータは同農場から提供していただいた。また、スイカに関する文献・情報の収集に際して、野菜茶業研究所の中野明正氏 (現 農水省技術会議事務局) と渡邊慎一氏、東北農業研究センターの山崎篤氏、東京大学の彦坂昌子氏にご助言・ご協力を頂いた。記して謝意を表す。

## 根圏ホスファターゼ活性の画像解析：マッピングと定量

矢野勝也・高相和佳 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

kyano@agr.nagoya-u.ac.jp

土壌に存在する全リンの 20~80%は、有機態リンとして蓄積している。一般的に、植物は有機態リンを直接吸収することができず、利用するためには有機態リンを分解してリン酸イオンを遊離させることが必要とされる。植物は有機態リンを分解する酵素(酸性ホスファターゼ)を根圏に分泌するが、この酵素活性が有機態リンの利用能に関与している可能性がある。本研究では、植物根圏におけるホスファターゼ活性を視覚化して酵素活性をマッピングすると同時に、定量化を可能とする画像解析法の開発を試みた。

フェノールフタレイン2リン酸を含んだ寒天ゲルシートを用意し、植物の根系をシートに広げた。一定の環境条件下でしばらく静置後に根系をシートから取り除き、アルカリ溶液をシートに万遍なく塗布した。酵素によってフェノールフタレインが遊離したところのみ、赤く発色した。この着色したゲルの画像をスキャナーで取り込んだ。あらかじめ既知の酵素活性で着色させたゲルシートを同様の手順で画像化し、画像データと酵素活性との相関から検量線( $r^2=0.9803$ )を描き、この検量線に基づいて根圏におけるホスファターゼ活性のマッピング画像を作成した。

根系全体を対象にしたマッピング画像から、根圏の酸性ホスファターゼ活性が、その強さや広がりにおいて必ずしも均一に分布していないことが示された。そして、ゲルシートに加える pH 緩衝剤の有無で、酵素活性が大きく変化することを認めた。そこで、pH 指示薬を含んだ寒天ゲルシートで根圏 pH の変化を同時に調べたところ、根の影響でアルカリ化した根圏で酵素活性が低下していることを確認した。ラッカセイとトウモロコシで比較したところ、根生重あたりの酵素活性ではラッカセイの方が 4.4 倍高い結果となった。ラッカセイの有機態リン利用能が高いことを先に報告したが、その理由のひとつは根圏ホスファターゼ活性によると考えられた。

従来根圏ホスファターゼ活性は、根系全体を溶液に浸漬してその酵素活性を測定し、しかも溶液の pH は緩衝剤によって一定に保つのが一般的であった。しかし、植物の根が根圏の pH を大きく変化させることはよく知られ、さらにその変化は根系内で局所的に起きる場合がある。したがって、この酵素活性が根圏 pH に左右され、しかもその影響は局所的である可能性があった。ここで報告した画像解析法は、従来の方法では考慮されることの無かった根圏 pH の局所的な変動の影響を加味することができ、より実態に近い根圏のホスファターゼ活性を視覚化しながら定量的に評価できる利点を有する。



## カボチャ根導管液中に含まれるメチルグリシンの乾燥耐性への関与

小田 篤\*, 清水 真都香, 黒羽 剛, 佐藤 忍

(筑波大学大学院生命環境科学研究科)

〒305-8572 つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院生命環境科学研究科

E-mail; \*atsushio@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

高等植物では、葉や莖は地上空間に、また根は土壌中にと、それぞれ全く異なる環境下に存在し、それぞれの機能が完全に分化している。そのため、各器官が互いに情報をやりとりし、全体として調和のとれた状態を保つことが個体維持にとって不可欠である。根と地上部器官をつなぐ導管は、以前は土壌中の水や無機栄養素を輸送する経路として考えられてきたが、近年の研究により導管液中にはアミノ酸やタンパク質などの多種多様な有機物質が存在することが明らかになってきた。これまでに我々はキュウリ根導管液中に存在するタンパク質の中で主に存在する *N*-アセチルグルコサミン結合レクチン (XSP30) の解析を行い、XSP30 の根における産生が地上部の感受する光周期とジベレリンのシグナルによって制御されていることを明らかにして来た (小田、佐藤 2003、Oda *et al.*, 2003)。しかし、導管液中に含まれる有機物質の産生制御機構とその機能に関しては極めて知見が乏しい。

そこで我々は導管液が大量に採取可能なカボチャを材料として、導管液中に含まれるアミノ酸の分析を行った。その結果、カボチャ根導管液中にはグルタミンとメチルグリシンが多く存在していた。グルタミンは根から吸収される窒素分の一部から根で合成され、地上部に輸送された後、窒素源として利用されていることが既に報告されている。一方、メチルグリシンは一部の動物、細菌類において乾燥耐性への寄与が報告されているが、植物におけるその機能は解析された例は報告されていなかった。そこで我々は乾燥状態のカボチャ根における導管液中のアミノ酸の含量を解析した。その結果、乾燥状態は導管液中のグリシン含量には影響を与えないが、メチルグリシンの含量が顕著に上昇した。さらに、カボチャに対して乾燥耐性の弱いキュウリの根導管液においてメチルグリシンは検出されなかった。そこでメチルグリシンの植物体に与える影響を調査するため、メチルグリシンを加えた培地中でキュウリを育てたところ、地上部、地下部の両器官において生育阻害が見られた。特に、キュウリの胚軸の伸張と不定根形成はメチルグリシンの濃度依存的に阻害され、これらの阻害効果はアズキの生長においても確認され、グリシン、ジメチルグリシン、トリメチルグリシンにはその影響は見られなかった。以上の結果から、乾燥状態におけるカボチャ根導管液中に高濃度で出現するメチルグリシンだけが特異的に成長抑制効果を示すことが明らかになった。乾燥耐性の強いカボチャは乾燥状態において根におけるメチルグリシンの合成を活性化し、導管を介して地上部に輸送することで成長を抑制し、乾燥耐性を高めている可能性があると考えられる。

## &lt;参考文献&gt;

小田 篤、佐藤 忍 (2003) 根の研究 12: 163-168

Oda *et al.*, (2003) Plant Physiol. 133: 1779-1790

## オオムギにおけるストレス応答性遺伝子 MAPK および CAX の単離と機能解析

紙本宜久\*, 柴坂三根夫, 且原真木

岡山大学資源生物科学研究所

(\*連絡先 e-mail:lily-vow@rib.okayama-u.ac.jp)

動物のようにたやすく移動できない植物にとって、様々な環境変化に適応する事は非常に重要である。植物には進化の過程で周囲の様々な環境からのシグナルを認識し、柔軟に適応する能力が備わっている。私たちは、非生物的ストレス環境下で生育する植物のストレス応答の分子機構を解明することを試みており、本研究ではオオムギ (*Hordeum vulgare*) の根組織からストレス応答性シグナル伝達に関与する遺伝子を単離したので報告する。

イネやトウモロコシなど、他の単子葉類において完全長 cDNA が同定されているストレス応答性遺伝子と相同性のある配列をオオムギの EST データから検索してみたところ、MAPK (mitogen-activated protein kinase) と CAX (cation/H<sup>+</sup> antiporter) の contig 配列が得られた。それぞれの配列に基づいた特異的プライマーを設計し、オオムギの根組織から抽出した mRNA を鋳型にして、RT-PCR を行い電気泳動により確認したところ、予想サイズの PCR 産物が得られた。塩基配列を決定したところ、今回単離した MAPK (*HvMAPK*) は、イネの MAPK と最も相同性が高く、CAX (*HvCAX*) は、トウモロコシの CAX と最も相同性が高い事が確認された。よって、それぞれの遺伝子は、オオムギでのストレス応答性遺伝子である MAPK と CAX であることが予想される。

2 つの遺伝子が実際にストレス応答性遺伝子であるかどうかを調べるために、様々なストレスをかけたオオムギ根組織から total RNA を抽出し、real-time quantitative RT-PCR 法により発現解析を行っている。

今回単離された *HvCAX* 遺伝子は、陽イオンと H<sup>+</sup> との交換輸送体の遺伝子であると予想されるが、CAX は主に Ca<sup>2+</sup> を輸送する事が知られている。その機能を確認するために、*HvCAX* 遺伝子を酵母用ベクター p425 に連結し、液胞膜型の Ca<sup>2+</sup>/H<sup>+</sup> exchanger と Ca<sup>2+</sup>-ATPase の両方が欠損した変異酵母株 K665 に導入することによって、Ca<sup>2+</sup> 輸送能力が補完されるかを検証している。さらに GFP との融合タンパク質コンストラクトを作製することにより酵母細胞内での局在性を検討している。

これら遺伝子の植物内での機能や表現型を解析するために、恒常的発現性プロモーターであるユビキチンプロモーターの下に、それぞれの遺伝子のセンス・アンチセンスを導入し、それらを含むオオムギ発現用ベクター Vec8 で形質転換したオオムギを用いて解析を行っていく予定である。

**ダイズにおける湛水処理中および回復期間中の気孔コンダクタンスと小葉の挙動**

金田衣代\*・荒木英樹

山口大学農学部附属農場 (連絡先: e-mail: ahide@yamaguchi-u.ac.jp 荒木英樹)

過湿ストレスに曝されたダイズでは、葉の気孔閉鎖や水欠乏、窒素欠乏、光合成代謝の攪乱などが生じ、乾物生産に関与する形質の生理生態的機能が低下する(有原, 2000)。しかし、それらの成長抑制要因の多くは、直接過湿ストレスを受ける根の生理機能との関連性が十分に検討されているとはいえない。例えば、乾燥ストレスなど根系で吸水が起こりにくいときに生じる小葉の避光的運動が、湛水条件下でも起こるかどうかにについての報告はみあたらない。本報では、ダイズの乾物生産において重要な役割を果たしている気孔の挙動や葉の調位運動に対して、過湿ストレスによる根の機能低下がおよぼす影響とその原因を明らかにするために、まず、湛水ストレス期間中および回復期間中の気孔コンダクタンスと葉の運動における日変化を観察した。

## 【材料と方法】

山口大学農学部附属農場内のビニールハウスにおいて、パーミキュライトと水田土壌を4:1の割合で混合した培土を充填した1/5000aワグネルポットでダイズ(品種:サチユタカ)を生育させた。2004年6月14日に播種し、各ポット1個体植えとした。湛水処理開始までは土壌表面が軽く乾いたときに適宜灌水を行った。播種後37日(第8葉期展開期)から湛水区と適湿区を設けた。湛水処理を6日間行った後、土壌を適湿条件に戻し17日間ダイズを回復させた。処理期間および回復期間中に、ポロメータを用いて最上位展開葉における気孔コンダクタンスを測定した。また、複葉を構成する小葉の挙動を観察するために、湛水区および適湿区のダイズ個体全体を連続的にビデオで撮影するとともに、3枚の小葉が避光的に傾斜し、3小葉同士が完全に密接し合った複葉の比率(以下、ベタリ指数という)を測定した。測定は3~4反復で行った。

## 【結果と考察】

湛水処理1日目から、湛水区では日中の気孔コンダクタンスが適湿区に比べてやや低下した。処理2日目以降では、日が陰ったときに湛水区の気孔コンダクタンスが適湿区よりも大きくなるケースもあったが、基本的に湛水区の気孔コンダクタンスは適湿区に比べて低く推移した。小葉が密接しあった複葉の比率は、午前9時から高くなった。処理区のあいだでベタリ指数の日変化を比較すると、湛水処理区では大気の蒸散要求が大きくなる9時以降に急激にベタリ指数が大きくなり、晴天時ではほぼ全ての複葉で小葉が互いに密接した状態になるのに対し、適湿区では比較的後の時間帯に緩やかに増加した。17日間の回復期間中を通して、湛水処理を施された個体の気孔コンダクタンスとベタリ指数は、適湿区のレベルまで回復することがなかった。以上のように、根圏の湛水ストレスによって気孔コンダクタンスや複葉の挙動は、乾物生産にとって不好適な状態に陥りやすくなった。また、ストレス解除後2週間以上経過しても、いずれのパラメータも完全には回復しないことが明らかとなった。気孔コンダクタンスと小葉の傾斜角は、ともに葉の水ストレス程度との間に密接な関係があることが知られている。このことから、湛水ストレスによる根の吸水力の低下はストレス解除後にも完全に回復することがなく、光合成速度や受光体勢に影響し続けると推察された。今後、この仮説を詳細に検討する予定である。

報告 (第21回根研究集会発表要旨)

畝内条施肥がキャベツの根系分布、窒素吸収および窒素動態に及ぼす影響

菊地 直・村上 弘治

野菜茶業研究所

(連絡先: 〒305-8666 茨城県つくば市観音台 3-1-1 029-838-7312)

露地野菜栽培では一般に多肥の傾向にあり、資源の効率的活用面のみならず、環境保全的見地からも野菜の養分吸収パターンに適合した精密な養分管理技術の開発が求められている。これまでに、被覆肥料の畝内条施肥は慣行の全層施肥と比べ、施肥窒素利用率を向上し、窒素溶脱量を低減する効果があることを報告した。本報告では、畝内条施肥の全層施用部分と条施用部分への施肥割合が異なる処理区を設定し、施肥方法の違いがキャベツ生育・窒素吸収・根系分布および土壌中の窒素動態に及ぼす影響について調査・検討した結果について報告する。

【材料および方法】128 穴セルトレイで約 30 日間育苗したキャベツ(‘松波’)苗を、異なる施肥処理区(表)を設けた中央農業総合研究センター内圃場(淡色黒ボク土)に 2003/9/17 に定植し(株間 30cm、畝間 60cm、畝高 20cm、栽植密度 5556 株/10a)、2004/1/15(定植後 120 日目)に収穫・試料採取を行った。定植後 33、61 日目にも植物体地上部および土壌試料の採取を行い、植物体については乾物重、および元素分析装置により全窒素含量を測定した。土壌は、直径 5cm、長さ 5cm の採土管を用いて株を中心として幅 30cm、深さ 30cm の範囲を 36 ブロックに分割して採取した。各ブロックの土壌から根を回収するとともに、土壌の一部を用いて 10 倍量の蒸留水により水溶性窒素を振とう抽出した。回収した根はフラットベッドスキャナーで画像を取り込み、WinRhizo(Regent instruments Inc.)を用いて根長等を測定し、土壌抽出液については、イオンクロマトグラフを用いて硝酸態窒素およびアンモニア態窒素含量を測定し、根系分布および窒素動態を調査した。

表 処理区および施肥量・方法

| 処理区                         | 施肥方法        | 局所施肥位置    | 窒素施用量(kgN/10a) |    |
|-----------------------------|-------------|-----------|----------------|----|
|                             |             |           | 全層             | 局所 |
| 無窒素                         | 100%全層      | —         | 0              | 0  |
| 全層施用                        | 100%全層      | —         | 30             | 0  |
| 上部局所80                      | 20%全層、80%局所 | 畝面より10cm深 | 24             | 6  |
| 上部局所50                      | 50%全層、50%局所 | 畝面より10cm深 | 15             | 15 |
| 下部局所80                      | 20%全層、80%局所 | 畝面より20cm深 | 24             | 6  |
| 下部局所50                      | 50%全層、50%局所 | 畝面より20cm深 | 15             | 15 |
| *無窒素区はPK化成、その他はロング424-40を施用 |             |           |                |    |

【結果および考察】キャベツ地上部の乾物重は、初期段階では若干の処理間差が認められたものの、無窒素区を除いてほぼ同等の値を示し、有意な差は認められなかった。収量は下部局所区で若干低かったものの、無窒素区を除き全層区とほぼ同等となった。キャベツ地上部の全窒素含量は、定植後 33 日目までの初期段階において、上部局所施用では全層施用の割合が低い方が高く、逆に下部局所施用では全層施用の割合が高い方が窒素含量が高くなる傾向がみられたが、120 日目では処理間差はほとんど認められなかった。施肥窒素利用率はこれまでの結果と比べて全般に低かったが、下部局所 80 区を除き局所区では全層区と比べて利用率の向上が認められた。土壌中の硝酸態窒素は、処理区により異なる分布・消長を示し、33 日目では、ほぼ施肥方法から想定される分布となり、また、全層区では収穫時に硝酸態窒素濃度が著しく低下していたのに対し、局所施用区では局所施肥付近の硝酸態窒素濃度が比較的高く維持されていた。キャベツの根系分布は施肥方法によって異なり、局所区では局所施用部付近の根密度が高く、肥料を覆うように根が密集することが観察されたことから、局所施用部からの窒素吸収効率が高く、また窒素の溶脱も抑制されていることが示唆され、これらが窒素利用率向上へ寄与していると推定された。また、上部局所区では 61 日目にすでに根の集中がみられたのに対し、下部局所区では局所施用部における根の増加速度が緩やかで、61 日目でも集中は認められなかった。さらに、上部局所区では局所施用部への施用割合が高い上部局所 80 の方が上部局所 50 よりも顕著に局所施用部付近の根密度は高くなったのに対し、下部局所区では差は認められなかったことから、局所施用位置の深さや施肥割合の組み合わせにより根系生育の反応が異なることが示された。

## 肥効調節型肥料を用いた施肥法とダイズの根系発達

二瓶直登<sup>\*1)2)</sup>・遠藤あかり<sup>1)</sup>・田野井慶太郎<sup>2)</sup>・飯倉寛<sup>2)</sup>・中西友子<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>福島県農業試験場、<sup>2)</sup>東大院農学生命科学研究科

\*nihei\_naoto\_01@pref.fukushima.jp

効率的な施肥法の開発には、施肥法と根系発達の検討が必要である。肥効調節型肥料は養分の溶出が緩やかであるため、局所施肥などによる施肥効率の向上が期待されている。前回筆者らは、接触施肥に対する小麦の根系発達を、土壌型別に報告した。本発表では、小麦と異なる主根型であるダイズを用いて、肥効調節型肥料を用いた施肥法に対する根系発達を検討した。

### 【材料と方法】

供試品種はふくいぶきを用いた。

**施肥法と根の反応 (試験Ⅰ)**；ポット(直径 32×深 30cm)に園芸用培土を詰め、肥効調節型肥料 70 日タイプ (LP70) を種子と直接接して接触施肥 (N9g/m<sup>2</sup>) した。透明なビニールで雨よけを設け、水分は底面より補給した。開花期に深さ別 (0~10cm、10~30cm) の根と根粒菌を測定した。なお慣行法で施肥したものを対照区とした。

**中性子ラジオグラフィを用いた施肥法別の根系発達の観察 (試験Ⅱ)**；豊浦標準砂 (水分約 15%) を充填したアルミニウム製の薄い容器 (200mm×250mm×5mm、厚:1mm) に根が約 2~3cm に生長したダイズを移植した。施肥位置は全層施肥、局所施肥 (根から 5cm 下)、側条施肥 (根から 5cm 下、3cm 横) とし、施肥量を 3 段階 (0.25g、0.5、1g) とし、無窒素区も設けた。使用した肥料は肥効調節型肥料 30 日タイプ (LP30) で、局所施肥 1g 区にはシグモイド型肥効調節型肥料 (LPS60) も用いた。室温 25℃ のガラス室内自然光下で 10 日間育成した。日本原子力研究所研究炉 (JRR-3M) 内で植物試料に中性子線を照射し、イメージングプレート (以下 IP; BAS-IP MS 3543 FUJI FILM) または、冷却型 CCD カメラ (浜松ホトニクス製 C4880、ニコン製 105mm マクロレンズ付) を利用して画像を取り込んだ。

### 【結果と考察】

**施肥法と根の反応**；深さ 10cm までの主根の直径は接触区が対照区より細く、全体の根重、根粒数も接触施肥が低下した。接触区における開花期の生育は、対照区より劣った。

**中性子ラジオグラフィを用いた施肥法別の根系発達の観察**；無窒素区は、主根が真下に伸び、主根から側根が左右に発達した。全層区は、無窒素区と同様に根系が発達しているものもあるが、施肥量を多くすると、主根の伸長が抑制された。局所区は施肥位置で主根の伸長は停止し、主根から側根が発達した。主根の伸長は、施肥量が多いほど伸長が抑制された。施肥により主根の伸長が抑制されると、側根の傾斜角度が狭く (重力方向に) 向く傾向があった。側条区は、主根はまっすぐ伸びたが、側根は施肥量が多いほど肥料から一定の距離を置いて伸長を停止した。LPS 局所区は主根の伸長は肥料で停止せず、肥料の間をかき分けるようにして生長した。

以上のことから、大豆にリニア型の肥効調節型肥料を局所施肥した場合、肥料と種子の距離が近すぎると主根の伸長が停止し、根系の発達を阻害することが明らかとなった。よって大豆栽培に肥効調節型肥料を基肥に用いる場合には、種子とある程度距離をおくか、シグモイド型の肥効調節型肥料を利用する必要がある。

## リン欠乏に対するラッカセイの1次側根の伸長方向の反応

塚本葉子<sup>1\*</sup>・田島亮介<sup>2</sup>・森田茂紀<sup>2</sup>・阿部淳<sup>2</sup>

(1. 東大農 2. 東大院農生命)

(\*連絡先 e-mail: SeConnery007@fm. a. u-tokyo. ac. jp)

リンは、窒素およびカリと同様に、植物の生長にとって多量に必要な元素であるが、土壌中では移動しにくく、乾燥・半乾燥地域では難溶性となっていることも多い。したがって、植物にとって利用可能な量が限られているリンを効率的に吸収するためには、土壌中における根系分布が大きな意味をもつ。根系分布を規定する形質として最も重要な根の伸長方向は、正確に把握することが困難であるため、リン条件にどのように反応するかを研究した例は非常に少ない(Bonser et al. 1996)。そこで、根の生長に伴う伸長角度の変化を正確に把握する方法を考案するとともに、これを利用して耐乾性が強く、熱帯乾燥地域で栽培面積が多いラッカセイをリン欠乏条件下で栽培し、一次側根の伸長方向がどのように反応するかを検討した。

**材料と方法:** 供試したラッカセイ (*Arachis hypogaea* L.) は附属農場 (東京都西東京市) のハウス内でポット栽培した千葉半立とナカテユタカの2品種である。1/2000a のワグナーポットに、プラスチック網 (1×1センチ目) で作った直径5, 14, 23cmの円筒を同心円状に配置して底面も同じ網で固定したものを入れた。附属農場の畑土壌を充填した後、対照区には成分量で N: 0.4g, P: 1.3g, K: 0.5g を、またリン欠乏区には同量の N と K のみを全層施肥した。30℃で2日間催芽したラッカセイの種子を、それぞれ1粒ずつ播種した。2品種2処理について反復は5ポットずつで、合計20ポットを栽培し、播種後11日目に根粒菌を接種した。播種後36日目に、根系と土壌を含む円筒枠をポットから取り出し、土壌を水で洗い流しながら外側から順番に円筒を取り外し、1次側根が円筒の網目のどこを貫通しているかを記録して、1次側根の生長に伴う伸長角度の変化を把握した。

**結果と考察:** 千葉半立およびナカテユタカのいずれにおいてもリン欠乏区で葉の乾物重が小さかったことから、今回のリン施肥の影響は小さいながら出たと考えられる。また、根系については、今回新たに考案した方法によって、両品種の対照区・リン欠区において、それぞれ20本以上の1次側根について生育に伴う伸長角度の推移を容易にかつ正確に把握できた。対照区における1次側根の伸長角度 (根が水平面となす角度) は、ナカテユタカより千葉半立のほうが小さく、やや浅根性であった。どちらの品種も、リン欠乏区では1次側根の伸長角度が対照区より小さく、特に根の先端側で1次側根の伸長角度が小さくなっていた。その程度は千葉半立の方が大きく、可塑性が大きかったといえる。根の深さ別に側根の数を比較すると、千葉半立の方が深い部分に分布する割合が多かった。以上のように、今回開発した方法は根の伸長角度の変化を把握するのに適しており、ラッカセイの1次側根がリン欠乏に対して浅根化することが明らかとなった。

**謝辞:** 本研究で使用したラッカセイ品種の種子は、千葉県農業総合研究センター育種研究所畑作物育種研究室の長谷川理成氏、鈴木茂氏、同ラッカセイ試験地の岩田義治氏から、根粒菌は十勝農業共同連合会農産化学研究所から、それぞれ分譲していただいたものである。また、栽培管理は、附属農場の秦野茂、久保田浩史、白井深雪、手島英敏、角谷架織の各技術職員にお世話になった。ここに記して謝意を表する。

**引用文献:** (1) Bonser, M., J. Lynch. and S. Snapp. 1996 Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal root in *Phaseolus vulgaris*. New Phytol. 132:281-288.

**Root responses to drought and rewatering in relation to the shoot growth recovery in cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**

Juvy Oliva Q. Subere and Akira Yamauchi  
Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University  
(Akira Yamauchi e-mail: ayama@agr.nagoya-u.ac.jp)

**Introduction**

Drought tolerance of cassava may be partially attributable to root development and function, which would play important roles in growth under drought conditions and recovery from the drought stresses. In our previous study (Pardales et al., 2003), we examined the responses in growth and dry matter production of 28 genotypes to water stress. Dry matter production was further analyzed into its components, water use (WU) and water use efficiency (WUE). In this study, we selected several genotypes that were evaluated to be tolerant and susceptible to drought, and aimed to determine the root developmental responses to drought and rewatering conditions in relation to their overall growth responses to evaluate the role of roots in drought tolerance.

**Materials and Methods**

Stem cuttings of six cassava genotypes were planted in 5 liter plastic pots filled with air-dried sandy loam soil sieved in a 2 mm mesh. The plants were grown in a rain shelter under out-door conditions. To stimulate drought, at 100 DAP, water was withheld to one half of the pots of each genotype until the soil moisture dropped to 4%. The remaining pots were continuously watered maintaining its soil moisture at 20%, which served as well-watered control. At 116 DAP, rewatering was done on droughted plants by raising the soil moisture to 20%, which was maintained for 14 days. Plant height increment, number of developed and fallen leaves, leaf area, stomatal conductance, photosynthetic rate and, midday leaf water potential were measured during the experiment. Likewise, roots traits such as length and number of nodal roots, total root length and root dry weight were obtained before withholding water, and at the end of drought and rewatering treatments.

**Results and Discussion**

Under droughted condition, total root length and root dry weight in drought tolerant genotypes (Rayong 5 and PSB cv 19) were greater than those of susceptible ones (Zapote and VC4). The former genotypes showed more dry matter increment, more developed leaves, fewer leaf fall, higher photosynthetic rate and higher stomatal conductance than the latter genotypes. Results of correlation analysis indicate that genotypic variation in dry matter response to drought was better explained by that in WUE than WU. Roots of the tolerant genotypes did not show better growth than susceptible ones, which indicate that roots did not play important roles in the growth under limited water condition for the tolerant genotypes. Such results are reasonable because root function is closely related to water uptake and thus WU.

After rewatering, root development expressed in traits such as length and number of nodal roots, total root length and root dry weight were more sharply promoted in Zapote and VC4 (drought susceptible genotypes) than the drought tolerant ones. The former genotypes also showed higher shoot weight increment in association with greater WU. These increments resulted in more developed leaves, fewer leaf fall, higher photosynthetic rate and higher stomatal conductance. These facts indicate that the promoted responses in initiation and elongation of roots after rewatering favored high water use that resulted in more dry matter production and faster growth recovery for Zapote and VC4. Thus, the sharper response of roots play substantial roles in recovery process after the drought stresses are removed. Such root responses need to be considered as one of the key traits for drought tolerance in cassava.

**Reference**

Pardales et al., 2003. Jpn J. Crop Sci. 72 (extra issue 1):254-255.

## 浸透圧ストレスに曝されたソルガムの蒸散速度および吸水速度におけるケイ酸施用の効果

服部太一朗<sup>1\*</sup>・稲永忍<sup>1</sup>・荒木英樹<sup>2</sup>・安萍<sup>1</sup>

(1鳥取大学乾燥地研究センター, 2山口大学農学部附属農場)

\* hat@alrc.tottori-u.ac.jp 〒680-0001 鳥取市浜坂 1390, 鳥取大学乾燥地研究センター.

我々はこれまでに、土壤乾燥ストレスに曝されたソルガムでは、ケイ酸肥料を施用することによって日中の気孔コンダクタンスが高く維持され、ストレスによる乾物生産の減少が軽減されることを明らかにした。このことは、ケイ酸を施用したソルガムでは、水ポテンシャルが低下した培地においても活発な吸水が行われていたことを示唆している。本報では、浸透圧ストレス条件下で生育したソルガムにおいて、ケイ酸施用によって生じる吸水速度および蒸散速度の変化を明らかにし、水収支および水の通導性の観点から検討することを目的とした。

## 〈材料および方法〉

実験1: 人工気象室内 (昼 16 時間 26°C, 夜 8 時間 20°C) において、1/4 strength の Hoagland-Arnon 水耕液で満たした水耕槽 (3 l) でソルガム (cv. Gadambalia) の幼植物体を生育させた。播種後 11 日目から、水耕液の浸透圧を Polyethylene Glycol 6000 を用いて 0, -0.2 および -0.4 MPa に調整し、ソルガムに強度が異なる浸透圧ストレスを与えた。各浸透圧ストレス処理区において、ケイ酸施用区 (+Si 区) と無施用区 (-Si 区) を設け、それぞれ水耕液のケイ酸濃度を 25 および 0 ppm とした。播種後 15 日目から 19 日目にかけて、ポトメータを用いて個体の蒸散速度と吸水速度をそれぞれ測定した。播種後 23 日目に地上部乾物重、葉面積および根長を測定した。

実験2: 温室内で実験1と同様の水耕試験を行った。播種後 10 日目からケイ酸処理区を設けた(-Si 区; 0 ppm, +Si 区; 50 ppm)。播種後 23 日目から PEG を用いて浸透圧ストレス(-0.8 MPa)を与えた。播種後 28 日目に蒸散速度、最上位展開葉の水ポテンシャル、葉面積および根長を測定した。

## 〈結果と考察〉

地上部乾物重および根長に及ぼすケイ酸の施用効果は、浸透圧ストレスを与えた条件下でのみ認められ、-Si 区と比較して+Si 区で有意に増加した。また、いずれの浸透圧ストレス区においても、単位葉面積あたりの蒸散速度と吸水速度はケイ酸施用によって有意に増加した。個体の水収支をみた場合、+Si 区のソルガムは浸透圧ストレス条件下でも蒸散速度に見合った吸水が行われていたのに対し、-Si 区では常に吸水速度が蒸散速度を下回っていた。実験2で蒸散速度と葉身の水ポテンシャルを測定した結果、ケイ酸を施用した個体は浸透圧ストレス条件下でも葉身の水ポテンシャルが高く、蒸散速度は高く維持されていた。両パラメータから算出される個体全体の水の通導抵抗は、+Si 区で有意に低かった。またこの時、通導抵抗測定時の葉面積や根長には+Si 区と-Si 区との間で有意な差異は認められなかった。このことは、+Si 区において通導抵抗が減少した原因は、吸水器官である根の表面積の拡大にあるのではなく、水の通導性の改善にあることを示唆している。以上の結果から、ケイ酸を施用したソルガムでは、浸透圧ストレス条件下でも根の吸水能力が高く維持されるために蒸散速度が高くなること、および、吸水能力が高く維持される理由のひとつは、ケイ酸施用によって水の通導抵抗が小さくなるためであると考えられた。



オオムギ根の水輸送とアクアポリンファミリー  
 且原真木\*、西村秀希、柴坂三根夫 岡山大学資源生物科学研究所  
 (\*E-mail: kmaki@rib.okayama-u.ac.jp)

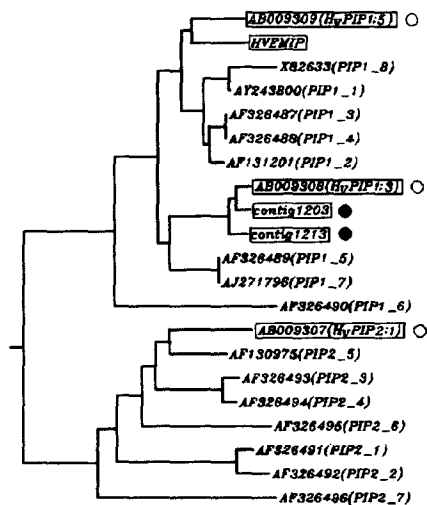
水吸収は根の基本的機能の一つである。10年ほど前に、水の生体膜輸送を担う実体としての、水チャネル(タンパク質としては、アクアポリンと呼ばれる)の遺伝子が同定されて以来、その生理機能と制御機構の解明が進み、少なくともシンプラスト経由の水輸送メカニズムについては、分子生物学的アプローチによる研究を行うことができるようになった。

シロイヌナズナやトウモロコシでは、アクアポリン遺伝子は、30以上の遺伝子からなる遺伝子ファミリーを構成することが知られている。これら遺伝子はいくつかのグループに分類されるが、主要なものは原形質膜で機能するもの(PIP)と液胞膜で機能するもの(TIP)である。細胞全体としての水透過性は、主として原形質膜型アクアポリンの性質によって決まる部分が大いと考えられていることから、私たちはオオムギ根で発現している PIP に注目して、3つの遺伝子を単離した。これらはシロイヌナズナの PIP との相同性に基づいて、それぞれ *HvPIP2;1*、*HvPIP1;3*、*HvPIP1;5* と名づけられた。そのうち、*HvPIP2;1* の根における発現は、*HvPIP1;3* と *HvPIP1;5* のどちらの発現よりも、10倍以上多かった(Katsuhara et al. Plant Cell Physiol. 43:885, 2002)。

本研究では、塩ストレス下におけるアクアポリンの発現と根の水透過性を調べるたので、報告する。塩ストレスとして 100 mM NaCl を水耕培養液に加えた時、3つのアクアポリン遺伝子の転写産物量は、全体としてあまり変化しなかった。一方、複室浸透圧計法によって測定した根の水透過性は低下していた。*HvPIP2;1* についてタンパク量を調べたところ、その量は塩ストレス後にやや減少していた。このような現象の背景には、分子レベルでの水輸送活性の低下、タンパクのターンオーバーの変化などがあるのかもしれない。あるいは、まだ調べられていない別のアクアポリンが、根の水透過性に影響しているのかもしれない。後者の可能性を検討するため、オオムギの遺伝子データベースを検索したところ、既知の4個のオオムギ PIP (他研究者から報告されている PIP1個を含む)のほかに、未解析のコンティグの中から PIP と思われる遺伝子候補をいくつか見出した。現在これらコンティグの発現を検討しているが、今までのところ、2個のコンティグについて根での発現を確認し、塩基配列から原形質膜型アクアポリンであることを確定している(図)。

図  
 オオムギ原形質膜型アクアポリン(PIP)の分子系統樹  
 (トウモロコシ PIP との比較)

- オオムギ PIP
- 登録されていて、発現解析済みのもの
- データベースから見つけたもの
- その他 トウモロコシの PIP



## 耐乾性が異なるソルガム 2 品種における下層からの吸水能力

辻 渉<sup>1\*</sup>・稲永 忍<sup>1</sup>・荒木 英樹<sup>2</sup>・安 萍<sup>1</sup>・渡部 美香<sup>1</sup>

1) 鳥取大学乾燥地研究センター 2) 山口大学農学部附属農場

(\*E-mail: [tsun@alrc.tottori-u.ac.jp](mailto:tsun@alrc.tottori-u.ac.jp) 〒680-0001 鳥取市浜坂 1390)

植物の水吸収は、葉面積に対する根長（あるいは根の表面積）の比率、すなわち根長/葉面積比によって規定され、乾燥条件下ではその比の大小が重要になると考えられている。例えば、根長/葉面積比が小さくなるにしたがって、葉に十分な水が供給されなくなり、蒸散速度や葉の水ポテンシャルが低下する。同時に、根の水吸収は、根長など量的な形質だけでなく、単位根長あたり吸水速度など根の機能的な効率によっても決定される。しかし、これまでに作物品種間で根の吸水効率に遺伝的な差異があるかどうかを報告した研究はない。スーダン由来のソルガム耐乾性品種 *Gadambalia* は、上層土壤が乾燥した条件下でも葉身の水ポテンシャルを高く維持することから、下層土壤からの吸水能力が高いと考えられた (Tsuji et al, 2003)。本報では、ソルガムの耐乾性品種における下層土壤からの集水能力の高さを説明するために、耐乾性品種と乾燥感受性品種との間で単位根長あたりの吸水効率に違いがあるかどうかを検証した。

## 【材料および方法】

実験は鳥取大学乾燥地研究センター内の人工気象室(昼 14 時間、温度 30 °C、湿度 40 % ; 夜 10 時間、温度 25 °C、湿度 50 %)で行った。塩化ビニール製のポット(内径 8.5 cm、高さ 22 cm) 2 つを上下に連結し、上層ポット下部に取り付けた漏斗に白色ワセリンを充填した。上層ポットには砂丘砂土を、下層ポットには 1/4 Strength の Hoagland 溶液を用いた。これにソルガム 2 品種(耐乾性品種 *Gadambalia* および乾燥感受性品種 *Tabat*) を各ポット 1 個体ずつ生育させた。実験期間を通じて、上層ポットからの吸水量、およびワセリンを通過して下層ポットまで伸長した根の吸水量を重量法により測定した。播種後 55 日目から上層ポットへの灌水を停止して上層ポット土壤を乾燥させた。上層ポットからの吸水が全く生じなくなった播種後 65~73 日目に、単位葉面積あたりの蒸散速度 ( $T$ ) と、最上位完全展開葉の水ポテンシャル ( $\Psi_L$ ) をプレッシャーチャンバーを用いて測定した。さらに、下層ポットの根長と葉面積をそれぞれルートスキャナーと自動葉面積計で測定した。

## 【結果および考察】

本報では、根長/葉面積比と蒸散速度や水ポテンシャルとの回帰分析を行い、得られた回帰曲線の違いから両品種の根の吸水効率を比較した。いずれの品種においても、根長/葉面積比と単位葉面積あたりの蒸散速度との間には高い正の相関関係が認められた。両品種の回帰曲線を比較した結果、耐乾性品種 *Gadambalia* は同じ根長/葉面積比でも乾燥感受性品種 *Tabat* に比べて蒸散速度が高かった。また、根長/葉面積比と葉身水ポテンシャルとの関係では、根長/葉面積比が  $200 \text{ m m}^{-2}$  以下の個体において、*Tabat* では葉身水ポテンシャルが  $-2.1 \text{ MPa}$  まで急激に低下したのに対し、*Gadambalia* では  $-1.2 \text{ MPa}$  までしか低下しなかった。以上の結果から、ソルガムでは品種間で単位根長あたりの吸水能力に違いがあり、耐乾性品種は乾燥感受性品種に比べて下層根の吸水効率が高いため、土壤乾燥条件下での葉身水ポテンシャルの低下が軽減されることが明らかとなった。このような根の吸水効率の違いが両品種の耐乾性程度の違いに関与していると推察された。

## 【参考文献】

Tsuji W. et al. (2003) *Biol. Plant.* 46(4):583-587

## カスパリー線の形成に伴って、細胞壁からペクチン質は除去されるのか？

土屋紀之\*・唐原一郎

富山大学理学部生物学科

(\*連絡先 e-mail: m032175@ems.toyama-u.ac.jp)

植物の根や茎の内皮細胞では、ある発達段階においてリグニンやスベリンなどの疎水性物質が細胞をバンド状に取り囲むように沈着する。このバンドはカスパリー線と呼ばれ、隣り合う全ての内皮細胞でつながり、アポプラストにおける溶質の移動を内皮で妨げてシンプラストを經由させることによって、有害な物質の取り込みを制限すると考えられている。カスパリー線はそれぞれの内皮細胞で独自に作られるにもかかわらず、隣り合う内皮細胞で同じ位置に作られることによって、完全なアポプラストバリアとして機能する。このため内皮細胞にはカスパリー線形成に関して厳密な形成位置決定機構と、予定位置にその構成成分を特異的に輸送するメカニズムがあると考えられるが、その詳細はよくわかっていない。これらの過程を明らかにするためには、形成過程を追跡するための分子マーカーが必要である。木部などの典型的な二次壁は、既存の一次壁の上にリグニンやスベリンが新たに沈着し肥厚することで形成される。それに対し、カスパリー線の場合はリグニンやスベリンが既存の一次壁の中に沈着することで形成される。そのため、既存の一次壁の分解を含め、おおがかりな再構築が細胞壁内部で局所的に起こっていると推測され、その形成のメカニズムは興味深い。筆者らの研究により、JIM5 抗体を用いた間接蛍光抗体法によって、カスパリー線の形成に伴ってカスパリー線から脱メチルエステル化ペクチンが消失することが示唆され、その事は第 18 回根研究集会で報告した。このことは、カスパリー線の形成とともに、ペクチン分解酵素がカスパリー線に局在する可能性を示唆している。一方、ヒャクニチソウにおいて、管状要素分化時の一次壁分解に伴い、ペクチン分解酵素が一次壁だけでなく、二次壁の肥厚にも局在する事が最近報告された (Nakashima et al. 2004)。そこで本研究ではヒャクニチソウの polygalacturonase (ZePG1)-GST 融合タンパク質に対する抗血清を用いて予備的ではあるが、エンドウ茎におけるカスパリー線の発達と polygalacturonase の局在の観察を試みた。暗所で 8 日間生育させ第 3 節間が 40~60 mm の長さになったアラスカエンドウの茎を用いて間接蛍光抗体法を行った。その結果、カスパリー線の形成過程において、リグニン化とほぼ同時に抗 ZePG1-GST 抗原の局在が観察された。また発達中の導管の二次壁でも同様に抗原の局在が観察された。これらのことから、カスパリー線の形成過程において、polygalacturonase が局在しペクチン成分を分解している可能性が示唆された。もしカスパリー線形成に伴ってペクチン分解酵素が働いているならば、カスパリー線分化のマーカー候補となる。現在、エンドウのペクチン分解酵素に関わる遺伝子を単離し、その発現の解析を行なっている。今後エンドウ PG に対する抗体を単離し、同様の実験を行なう予定である。

謝辞：抗 ZePG1-GST 融合タンパク質の抗血清を提供いただいた東京大学の福田裕穂博士、JIM5 を提供いただいた Jhon innes institute の Paul Knox 博士に謝意を表す。

引用文献：Nakashima et al. (2004) *Planta* 218:729-739

## 生体染色における根の観察

西浦芳史・三窪直美・藤浦建史 (大阪府立大学農学部)

(e-mail:nishiura@envi.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに 接ぎ木の活着評価など、接合部での有効な通導組織の再構築の状態や過程を、茎内蒸散流の経路として明確する方法に生体染色が用いられる。その染料には、染色対象物の選択性、拡散移動における速度など物理化学的特性があり、染料の選択は重要である。また、根から染料を吸収させるため、蒸散による吸引作用が必要であり、光・温度・湿度などの環境に支配されている。日口等は、この環境と、吸水速度や蒸散速度との関係を、エオシン、コンゴレッド、サフラニンについて明らかにした。さらに、各染料の茎内上昇移動速度と横断面に対する拡散状態について調べた。その結果、生長点下の通導組織本数である8束すべてが染色されるに至る時間は、エオシン、コンゴレッド、サフラニンの順で早かった。各染料の拡散係数と化学性は表1に示す通りであり、拡散係数と茎内上昇移動速度はサフラニンで適合しなかった。次に、根元からの高さ位置での通導組織面積に対する染色面積の比率(浸透率)は、染料の拡散係数とよく一致したと報告して

表1 各染料の拡散係数と化学性

| 染料      | エオシン      | コンゴレッド    | サフラニン     |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 拡散係数(D) | 2.15~4.45 | 0.94~1.31 | 3.43~4.56 |
| 化学性     | 酸性        | 弱塩基性      | 塩基性       |

いる。しかし、染料の吸収染色メカニズムは明らかでなく、ここでは根部での染料吸水経路に着目し、根を生体染色した後、横断面の薄切片を作成し、顕微鏡観察を試みた。

※数字は $D \times 10^6$

2. 材料及び方法 供試植物材料は、果菜類トマト (*Lycopersicon esculentum* Mill.) の台木 'LS-89' で、供試染料はエオシン、コンゴレッド、サフラニン (濃度1%) である。浸潤時間は生長点が染まるまでとした。根の吸水経路には根の表面から中心柱の導管に至るまで、アポプラスト (細胞外) の経路とシンプラスト (細胞内) の経路があり、その経路を側根 (細根) で観察した。葉齢2~3葉の苗を根洗いし、光強度  $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、温度  $25^\circ\text{C}$ 、相対湿度60%の環境下で各染料に浸した。次に、根における通導組織面積に対する染色面積の比率を調べるために、地際と主根を観察した。地際・主根の横断面観察には葉齢5~6葉の苗を用い、染色時の環境は、光強度  $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、温度  $25^\circ\text{C}$ 、相対湿度50%とした。染色面積の比率は、主根染色比率 (%) = 根の染色面積 / 根の面積、地際染色比率 (%) = 導管染色面積 / 導管面積、地際と主根の比率 (%) = 主根染色比率 / 地際染色比率で算出した。

3. 結果及び考察 側根観察の結果、染色対象物の選択性 (エオシン: 細胞質・柔細胞の細胞壁・セルロース系繊維 (非染色)、コンゴレッド: 細胞膜・セルロース系繊維、サフラニン: リグニン・セルロース・木質化・キチン化組織) が異なり、明確とはならなかった。次に、地際での染色比率 (出やすさ) は、エオシンとコンゴレッドが生長点到達に関係なく同程度で、サフラニンが生長点到達時が到達前に比べ高くなっており、道管内の横方向移動が他の染料に比べて大きかった (茎内上昇速度を遅くする原因)。また、主根での染色比率 (入りやすさ) は、エオシンが生長点到達時が到達前に比べ非常に高く、全体的に赤く染色された。浸潤時間20分まで吸収量が他の染料よりも多いことから、根に浸透しやすい。さらに、地際と主根の比率を求めると、生長点下に染料が到達する時間での比較から、エオシン > コンゴレッド > サフラニンとなり、この値の大きさは、地際で一定面積の導管を染めるのに、必要な根における染色面積を示している。

## ムラサキ根におけるシコニンの蓄積

谷崎智子・巽二郎

京都工芸繊維大学 生物資源フィールド科学教育研究センター

(連絡先:tatsumi@kit.ac.jp)

ムラサキ (*Lithospermum erythrorhizon*) は日本をはじめ朝鮮半島, 中国, アムール地方に分布するムラサキ科の多年草で, その根にはナフトキノン類であるシコニン誘導体 (アセチルシコニンなど) (以後, シコニンと呼ぶ) が蓄積する. シコニンは紫色の染料とされる他に, 薬理作用として抗炎症作用, 殺菌作用, 抗潰瘍作用を有し, 医薬品として使用される. 日本におけるムラサキの自生地は急速に減少しており, 自生地の保全と栽培方法の改良が課題となっている. しかし栽培が困難な植物の一つとされている. ムラサキ根におけるシコニンの蓄積は根のエイジ, 栽培条件, ストレスなどによって変化すると考えられているが, 十分に明らかにされていない. また根におけるシコニンの役割についても不明な点が多い. 本研究ではシコニンの蓄積に関する基礎的知見を得るために, まずシコニンの根組織における分布の様子を予備的に調べた.

### 材料と方法

2003年3月3日に育苗用のセルポットにムラサキ種子 (天籟製薬提供種子) を播種・育苗し, 5月6日にセンター実験圃場に移植した. これとは別に6月7日に赤玉と腐葉土を混合したポットに移植した. 2~3ヶ月後に採取した根の主根と側根の基部, 中部, 先端部の横断生切片をマイクロトームで作成し, 無染色にてシコニンの組織内の分布を観察した.

### 結果と考察

ポット栽培ではひげ根状の側根が多く, 主根表面は鮮やかな赤色, ひげ根は白色であった. 一方, 圃場栽培では比較的側根は少なかったが, 主根表面は赤褐色, 側根は青紫色を呈していた. 横断切片の観察結果より, 紫色~赤褐色に着色している部位は根の組織中で局在しており, とくに根の断面の周縁部に近い部位で著しい着色が認められた. このことからシコニンの蓄積はこれらの部位で多いと推定された. 主根や側根の根端部に近く, 表皮の残存している部位では表皮組織に強い着色が認められた. また根端部では中心柱の導管周辺部が着色している個体も観察された. いっぽう根端から離れた基部寄りの部位では, 根の二次肥大成長にともない周皮が形成され, そこに強い着色が認められた. またこのような部位では中心柱の柔組織において着色が認められるサンプルもあった.

以上のように, シコニンの分布は根の組織に応じて異なっていること, 表皮や周皮などの根の周辺の組織に多く分布することが推定された.

謝辞:ムラサキ種子の提供および栽培のノウハウについてお教えいただいた天籟製薬株式会社の小野好一氏ならびに京極春樹氏に深謝します.

根圏微生物相の新しい解析手法について

土肥哲哉<sup>1</sup>、阿部淳<sup>2</sup>、萩原祐介<sup>2</sup>、森田茂紀<sup>3</sup>

1) 西原環境テクノロジー 2) 東京大学 農学生命科学研究科 3) 東京大学 農学命科学研究科 附属農場

E-mail: tetsuya\_doi@nishihara.co.jp

【緒言】

植物が土壌から栄養分を獲得する際、植物根の先端部や周辺に生息している複合微生物相である根圏微生物の役割が重要で、これらの菌相の活性が植物の生育環境に大きな影響を及ぼしている。また、最近では環境浄化やバイオマスの技術にも根圏微生物の適用が試みられている。

根圏微生物相の分布や推移を評価するには顕微鏡観察や培養試験法が一般的となっている。しかし、検鏡では活性のない死菌まで観察してしまうことや菌種の識別に熟度を要すること。また、大部分がVBNCに属する根圏微生物相を培養した場合、培地の栄養条件に適した菌種しか増殖しないことが指摘されている。このような背景から、新しい手法による根圏微生物相の解析が望まれている。一方、分子生物学は急速な発達より根研究にも多く適用され始めた。そこで、筆者らがこれまでに試みた手法を中心に、分子生物学的手法を導入した新しい根圏微生物相の試験方法をまとめ、従来法と比較検討したので報告する。

【試験法の種類】

従来法と分子生物学的手法および実験フローを Table-1、Fig.1 に示す。

Table-1 根圏微生物の試験法

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 顕微鏡観察                 | 従来法      |
| 希釈平板法(培養法)            |          |
| FISH(蛍光ハイブリダイゼーション法)  | DNA解析法   |
| PCR-DGGE(濃度変性勾配電気泳動法) |          |
| キノプロファイル法             | バイオマーカー法 |

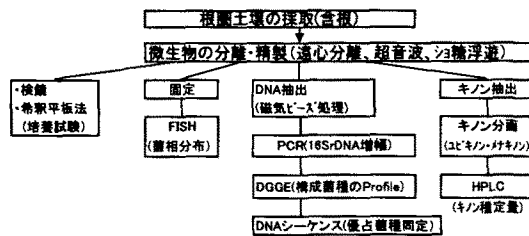


Fig.1 実験フロー

【FISH, PCR-DGGE】

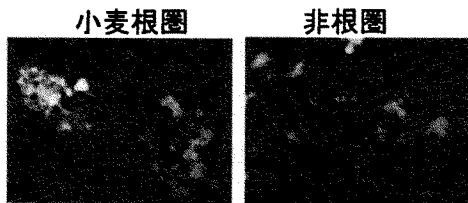
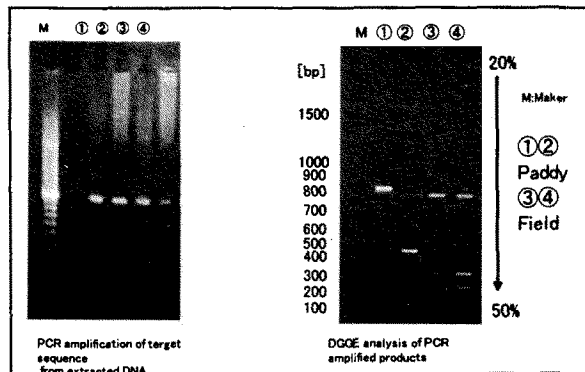


Fig.2 真正細菌(EUB338)による菌相の比較 X 1,000

Fig.3 水田、畑地の PCR-DGGE



【今後の展望】

FISH, PCR-DGGE により、得られたデータは、植物根と微生物の関係を知る上で重要な手がかりになるとともに根圏からみた栽培管理の評価にも活用できる。また、根圏微生物を利用したファイトメディアーションやバイオマスの研究にも強力なツールとして適用が可能である。

挿し木接ぎした茶樹における枝の構成に及ぼす地下部品種の影響

松尾喜義・荒木琢也・佐波哲次(野菜茶業研究所,matuok@affrc.go.jp)

チャの「さし木接ぎ」技術は、挿し穂の状態で割接ぎの接ぎ木を行う方法(図)で、良好な新芽品質を示すものの地下部生育が不良で「立ち枯れ」を起こしやすい品種を、頑健な地下部を持つ品種の台木に接ぎ木して生育を改善する目的で青野らによって茶樹への適用が検討されてきた経緯がある。ここでは、さし木接ぎで育成された異なる品種を地下部に持つ茶園で、地下部の品種の差異が地上部の枝条生育に影響を及ぼすことを見出したので報告する。

<材料と方法>

供試茶園は、表に示した6通りの組み合わせでさし木接ぎされた茶園で地上部を整枝し、枝の構成が地下部品種の違いによって差があるのかどうか確かめることを目的とし、2004年7月28日に中切り処理した。枝条構成の特徴、再生芽発育程度、葉層の再構成状況、再生芽の斉一さ程度、について毎週1回調査し写真記録した。

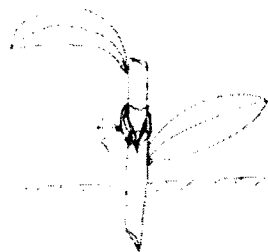
<結果と考察>

枝条構成のうち太枝基部と下部から発生する直立性の徒長枝(直径1cm程度)の本数は、「やぶきた」を台木にした品種で発生が多かった。ふじみどりが地上部の場合にも「やぶきた」が台木の時は太枝から徒長枝が出ていた。再萌芽の遅速は台木の影響を受け、Z1が台木の場合早い傾向にあった。再萌芽した再生芽の斉一さ程度は、「やぶきた」を台木にすると劣る傾向にあった。

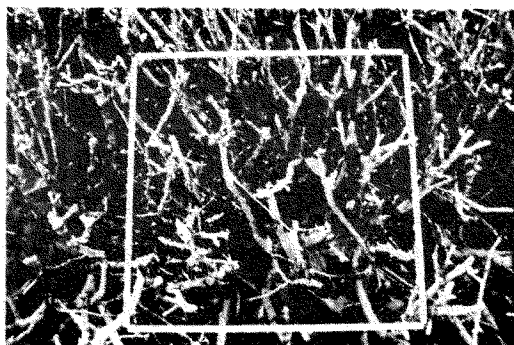
以上のことから、茶樹の地下部特性の差異が、地上部の生育・枝条構成に影響することが明らかになり、今後より環境適応性に優れた茶樹品種を開発するためには、地下部特性に着目することが重要と考えられた。

<謝辞>茶園育成と試験に尽力いただいた野茶研金谷茶業研究拠点の作業技術研究室関係者と業務科職員にお礼申し上げます。

| 表、太枝から出る徒長枝の本数 |             |        |        |              |
|----------------|-------------|--------|--------|--------------|
| 畝番号            | 地上部品種/地下部品種 | 14株の合計 | 平均 本/株 | (最少、最多)本数 /株 |
| 1              | やぶきた/やぶきた   | 243    | 17.4   | (11、23)      |
| 2              | Z1/Z1       | 28     | 2.0    | (0、5)        |
| 3              | やぶきた/ふじみどり  | 64     | 4.6    | (1、10)       |
| 4              | ふじみどり/やぶきた  | 28     | 2.0    | (0、4)        |
| 5              | やぶきた/Z1     | 145    | 10.4   | (5、16)       |
| 6              | Z1/やぶきた     | 122    | 8.7    | (6、18)       |



図、挿し木接ぎ



ふじみどり台の「やぶきた」の枝構成

## 生分解資材を用いた接ぎ木用苗の栽培における根の分布

西浦芳史・前本了一・竹田洋子 (大阪府立大学農学部)

(E-mail:nishiura@envi.osakafu-u.ac.jp)

1. はじめに 接ぎ木は、土壌消毒剤や過剰施肥による環境汚染を伴わず、製品として環境に優しい繁殖技術であり、環境基準の厳しいヨーロッパ諸国でも利用されている。その生産過程においても環境親和でなければならない。そこで、多くの苗を流通させる上で必須であると同時に産業廃棄物となるプラスチックトレイについて、再生紙や不織布などの生分解性素材に着目した。本研究では、環境親和や再資源化の見地に基づいて新しく開発された生分解速度が制御できる生分解性プラスチックを苗トレイおよび培地に用いて、その吸水性・保水性について調べ、さらにトマト苗を用いた根系形成について調べた。

2. 材料および方法 供試培地は、システムソイル 101、ロックウール、レーヨン苗床用で、培土は、土と水の体積比を 100 : 15 として攪拌時間を 0h, 0.5h, 1.0h に設定し、団粒化をはかった。供試セル成型トレイはジフィーストリップ、プラスチックトレイ、生分解性プラスチックトレイである。トレイと培地をそれぞれ組み合わせて合計 15 種類区の吸水性と保水性を温度 25℃、相対湿度 60% の環境下で調べた。吸水性は 1 つずつに切り取ったセルトレイ全体が水浸するように 24 時間放置し、水浸前後の重量計測で評価した。保水性は、吸水後、含水率がほぼ 0 % になるまで、24 時間ごとの重量計測で評価した。なお、トレイの含水率は除いた。さらに、水分分布と移行性について、培地を液体窒素で凍らせ上・中・下、外・中・内の層に切り分け、各部位ごとの含水率を調べた。根系観察のための栽培実験で供試したセル成型トレイは、透明プラスチックトレイ、ジフィーストリップ、生分解性プラスチックトレイで、供試培地はシステムソイル 101、植物材料は、果菜類トマト (*Lycopersicon esculentum* Mill.) で、品種は 'LS-89' である。各種トレイに培土を入れ、苗 (葉齢 3 枚、第一葉分岐点から 6cm のもの) を断根挿し木した。実験はファイトロンを用いて、環境 (温度 25℃、相対湿度 60% 光強度  $400 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) に設定した。水は最初トレイが底から 2cm の深さが浸かるようにし、水が完全になくなったら再び 2cm まで水を加えることを繰り返し、栽培した。挿し木をしてから 6、9、12 日後の根の乾物重量を上下内外の 4 つに区分して計測した。

3. 結果及び考察 吸水特性は他のトレイに比べて高く、異なる培地を用いても高い含水率が維持でき、保水特性は、ジフィーストリップよりも高く、プラスチックトレイに比べると低い。また、水分移行性はプラスチックトレイとジフィーストリップは、それぞれの水分分布の偏りを示したが、生分解性プラスチックトレイは各層に大きな差はなく、一定に安定した状態で含水率が減少した。根の乾物重は、9 日から 12 日後において、プラスチックトレイ、ジフィーストリップに比べ、生分解性トレイは緩やかな増加量変化を示した。これは生分解性トレイ内で根が飽和状態に近づいたためだと考えられる。また、絶対量はプラスチックトレイ、ジフィーストリップ、生分解性トレイの順に大きかった。根の乾物重の分布からプラスチックトレイとジフィーストリップが上部に多く、生分解性トレイは、上下で均等となり、内外では、生分解性トレイの上部で均等となる以外、他すべて外側に多い分布となった。このことから生分解性トレイが外環境と親和性が高い。



キャパシタンス測定による樹木根系調査—地上部伐採後の経時変化

○長島 伴博<sup>1)</sup> 井出 洋輔<sup>1)</sup> \* 河原 輝彦<sup>1)</sup> 本間 知夫<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 東京農業大学, <sup>2)</sup> 東京医科歯科大学難治疾患研究所

(\*E-mail: starfish@boscoso.net)

根の状態を非破壊的に迅速かつ定量的に知る方法として、生体電位やキャパシタンスなどの電氣的計測が試みられている。我々も樹木の樹勢診断に利用するべく実験を進めている。今回、スギの密度効果模型林分の伐採が行われ根を掘り起こすチャンスがあったので、実際に植栽木でのキャパシタンス(Cs)計測の利用の可能性を探る良い機会と考えた。Cs計測の後、株を掘り出し根量調査を行うこととしたが、根系の状態とCsの関係を調べるため、伐採後も直ちに根は掘り起こさず、経時変化を調べることにした。今回は途中経過を発表する。

＜実験方法＞

東京農業大学世田谷キャンパス圃場内のスギ密度効果模型林分の2本/m区より5年生スギ3本を試供木(No.1,2,3)とし、2004/7/13の地上部伐採前後およびその後雨天を除く毎日12:30に、試供木のキャパシタンス(Cs)およびインピーダンス(Z)を測定した。測定はLCRハイテスタ(日置電機3522)にて、周波数1kHz、印可電圧5Vの条件で、土壤に挿した金属棒(試供木の地際から10cmにセット)と地際から約6cmの高さに刺した注射針の間で行った。なお測定に先立ち試供木の周りは充分灌水した。

＜結果＞

各試供木の地上部伐採前のCsおよびZの値はそれぞれ、125nF/8kΩ, 130nF/7kΩ, 6nF/36kΩであったが、伐採直後は10nF/18kΩ, 2nF/600kΩ, 30nF/33kΩとなった。これまでCs値は地上部の有無の影響を受けないと報告されてきたが、本実験では大きく変化した。地上部伐採後のCs値の経時変化は、日によって安定した値を計測することが難しいことがあったが、図1に示すように次第に減少する傾向にあった。しかし伐採約1ヶ月後より安定した測定値を得ることが難しくなり、その値も日によって大きく変動し、Cs値の大幅な上昇(Z値の大幅な減少、ほぼ0値)が見られた。試供木No.1については、地上部伐採69日後(9/20)に根を掘り起こし、水洗いした後水中でCsおよびZを測定したところ、掘り起こす直前の値は、80nF/6kΩ, 水中での値は20nF/40kΩであった。室内に根を放置し、乾燥したと思われる状態(掘り出して12日後)に再度水中で測定したところ、それぞれ40nF/140kΩであった。70℃で24時間乾燥させた後測定した根の乾燥重量は1,290gであった。

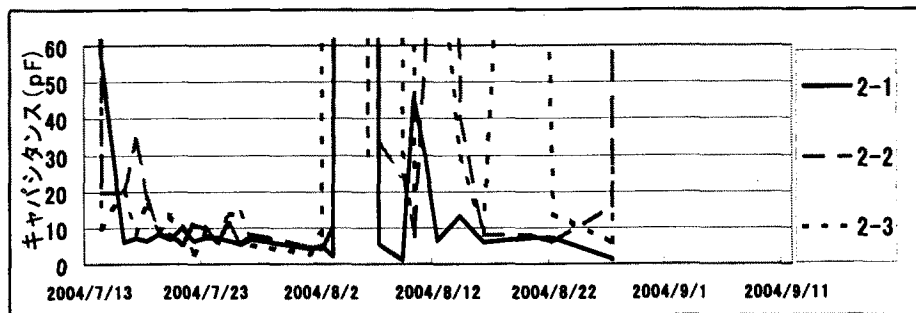


図1 地上部伐採後の経時変化

＜考察＞

これまでの報告では、Cs値と根量の間には相関関係が見出されているが、本実験は現在も継続中であるのでその関係については不明である。根の状態がCsあるいはZの値に反映されるか否かを、地上部伐採後のこれらパラメータの経時変化を測定することによって調べてみたわけだが、地上部伐採1ヶ月後より安定した測定値を得ることが難しくなったことから、根の枯死がこの頃から始まったのではないかと推察した。今回地上部の伐採前後でCs値が大きく変化した。Cs値に地上部が影響している可能性も示唆するものである。しかし、まだ試供数は少ないが2年生のスギ苗木で地上部の伐採前後でCsおよびZの値を計測した場合は、両者でほとんど違いが見られず、これまで他の植物で報告されているような結果であった。5年生と2年生では木の大きさ(おそらく根の広がりも)がかなり違うにも関わらず、今回計測の際の諸条件(周波数、印可電圧、電極固定材料など)は同じものを用いている。計測条件も含めて原因について現在検討中である。

＜今後＞

圃場の地上部を伐採した試供木の根量を調査し、Cs値との関係を調べる予定である。また2年生苗と、圃場内の成木を用いて、さらなる実験を行う予定である。これらの結果は、今後発表していきたいと考えている。