

第13回根研究集会プログラム

< 2000年6月3日土曜 野菜茶試(金谷)研修合同講義室 >

9:45～10:15	受付	静岡県榛原郡金谷町金谷 2769
10:15～10:40	総会	TEL0547-45-4101 代表(当日不可)
10:45～16:00	口演発表	0547-45-4480(生理遺伝研直通、当日可)
16:00～16:40	ポスター発表	FAX0547-46-2169(総務)
16:50～18:30	懇親会	0547-46-5007(茶栽培部、当日可)

講演発表プログラム

<講演発表1～3の座長：東北大学 木村和彦氏>

- 1、10:45～11:00
佐藤 健・山内 章(名古屋大)
作物根系の老化に関する解析
- 2、11:00～11:15
中野明正・上原洋一(野菜茶試)・山内 章(名古屋大)
有機養液土耕栽培におけるトマトの出液
- 3、11:15～11:30
Theerth P.Rao,Katsuya Yano,Morio Iijima,Akira Yamauchi and Jiro Tatsumi
(Graduate School of Bio-agricultural Sciences,Nagoya University)
Alterations in rhizosphere pH and nitrate uptake along the root axis of cowpea by shoot light condition

<講演発表4～6の座長：名古屋大学 飯嶋盛雄氏>

- 4、11:30～11:45
岡本 尚(森植物生理研究室)・正木伸之(正木樹芸研)
カキの木根電位(TRP)、導管圧、温度の日周変動と相關関係
- 5、11:45～12:00
矢野勝也・新浜太郎(名古屋大)・T.P.McGonigle(岐阜大)
菌根菌種の多様性と土壤耕起がトウモロコシの初期生育に及ぼす影響
- 6、12:00～12:15
仁木輝緒(拓殖大)・高橋三男(国立東京高専)
モデル土壤系における水分濃度と酸素濃度の関係

<<昼食 12:15～13:15>> (場内案内 12:35～13:00)

<講演発表7～10の座長：東京大学 阿部 淳氏>

- 7、13:15～13:30
今市涼子(日本女子大)・加藤雅啓(東京大)
カワゴケソウ科の同化根の比較解剖学
- 8、13:30～13:45
鯨 幸夫・内浜 朗・吉村絃美・佐野智子・中島裕司・狩野 純・富澤佳代(金沢大)・畠中博英・橋本良一(石川県農業総合研究センター)
**コシヒカリの不耕起移植栽培と湛水土中打ち込み点播栽培
—根系生育、溢泌液量および収量構成要素—**
- 9、13:45～14:00
鯨 幸夫・富澤佳代・中島裕司・佐野智子・内浜 朗・吉村絃美・狩野 純(金沢大)
有機栽培を行ったコシヒカリの根乾重階層構造および収量構成要素
- 10、14:00～14:15
村上充恭・大江真道(大阪府大)
深水処理による水稻の根系構造の変化

<講演発表11～13の座長：拓殖大学 仁木輝緒氏>

- 11、14:15～14:30
飯嶋盛雄(名古屋大)・Peter Barlow(Long Ashton Research Station UK)・Glyn Bengough(Scottish Crop Research Institute UK)
機械的ストレス条件下における根冠の構造と細胞生産速度
- 12、14:30～14:45
高橋秀幸・水野英俊・鎌田源司・藤井伸治・東谷篤志(東北大・遺生研)・相澤幸子・上垣内茂樹・向井千秋(宇宙開発事業団)・嶋津 徹(日本宇宙フォーラム)
微小重力下における根の水分屈性
- 13、14:45～15:00
谷本英一(名古屋市大)・曾我康一・若林和幸・神阪盛一郎・保尊隆享(大阪市大)
イネ根の生長と細胞壁粘弹性に対する微小重力の影響--STS-95 スペースシャトル実験の解析

<<休憩 15:00 ~ 15:15>>

<講演発表 14 ~ 16 の座長：名古屋市大 谷本英一氏>

14、15:15 ~ 15:30

加藤千尋・佐藤 忍（筑波大）

カボチャ導管液中の緑化阻害活性に対する湿润土壤の効果

15、15:30 ~ 15:45

園田 裕・池田亮・山口淳二（名古屋大）

イネの根に特異的なアンモニウムトランスポーター遺伝子の機能解析

16、15:45 ~ 16:00

小田 篤・作田千代子・佐藤 忍（筑波大）

キュウリ根導管液タンパク質遺伝子 XSP30 の地上部器官依存的発現

-----ポスター発表-----

<<16:00 ~ 16:40 ポスター発表の質疑応答時間>>

ポスター発表（ポスターの掲示は 1 時間までにお願いします。また、16:00 ~ 16:40 までは、ポスター発表の質疑応答時間となっていますので、発表者はポスターのところで質疑にお答え下さい。）

P1 西尾康三

根端の組織化学

P2 本間知夫（東京医科歯科大）・松尾喜義（野菜茶試）
キャバシタンス測定による根量の推測

P3 大沢裕樹・松本英明（岡山大）

コムギ根におけるアルミニウムシグナルの解析
—タンパク質リン酸化をともなうリンゴ酸放出の制御—

P4 黒羽 剛・佐藤 忍（筑波大）

カボチャ導管液中に存在する不定根形成阻害物質

P5 辻 博之（北海道農試）・増田欣也（果樹試）

移植および直播したキャベツの根系分布

P6 後藤昇一（静岡県茶試）

チャペーパーポット苗における定植後の初期生育と根系分布

P7 木村和彦・奥村弥琢（東北大学）

水稻根系発達に対する塩化アンモニウムと硫酸アンモニウムの比較

P8 橋本 岳・切岩祥和・横田博実・大石 悅（静岡大）

Leptadenia pyrotechnica の分離根培養系の確立と高塩分・高 pH ストレスに対する応答

P9 松尾喜義・鈴木俊司（野菜茶試）

在来実生茶園の茶樹における木化根の特徴

P10 山下正隆（九州農試）

茶樹根系調査用の動力式円筒打ち抜き装置の改良

「作物根系の老化に関する解析」

佐藤 健*・山内 章（名古屋大学大学院生命農学研究科）

植物の個体・器官・組織または細胞の、主に内生的に制御され死をもたらす一連の衰退過程を老化（senescence）という。発生した根は時間を経るにつれて老化していくが、根系全体での老化過程は明らかにされていない。また環境条件や個体の生育ステージが根系老化に影響を及ぼすと推測されているが、実態は明らかでない。そこで本研究では根系における老化過程を外部形態を指標に調べた。

実験はガラス室内で行った。内径7.4cm×長さ100cmの半割した塩化ビニール管に透明なアクリル板を固定し、円筒内に木曽川壊質砂土を比重1.3になるよう均一に詰めた。材料はトウモロコシ、ササゲを用い、1999年7月7日に播種した。半円筒はアクリル板側に約15°傾けて立てかけた。土壤水分条件は湿润と乾燥の2処理区を設けた。施肥は隨時ホーグランド水耕液で与えた。同年11月17日（播種後133日）に両種とも地上部を刈り取った。この間アクリル板上に出現した根端部分をプロットして発生日を記録し、その後は同じようにアクリル板上に記録しながら根の伸長過程を追跡した。そして1つの半割円筒につきおよそ30ほどの根を任意に選び、その後各根の老化程度の変化を経時的に追った。根の老化程度は外部形態より判断し、発生直後で老化の痕跡が見られない1から変色し組織の崩壊が生じている5までの5段階のスコアを与え定量化した。

その結果、いずれの種、処理区においても、出穂期（開花期）以前に枯死する根は全く観察されず、一般に想像されているより根の寿命は相当程度長いことが明らかとなった。根が発生してからの期間が長いものほど老化程度が進行しているという一般的の傾向を得た。水分条件は老化の進行には影響しなかった。また地上部の生育層の転換等に伴って老化程度に明確な変化は確認できなかった。さらに、根系内の発育位置あるいは個体の発育に伴う発生時期と老化の進行との間にある一定の傾向を見いだすこともできなかった。

次に外部形態を指標にした5段階の老化程度と、根内部の組織構造との対応関係を調べた。採取した根系から1~5の老化程度になっている根を選び、通常のパラフィン切片法によって根の横断切片を作製した。

両種ともに老化が進行するにつれて皮層崩壊がより顕著に観察された。一方、導管などの維管束系は老化の進んだ段階においても比較的との構造を保持しており、養水分輸送能力は機能していると考えられた。

有機養液土耕栽培におけるトマトの出液

中野明正¹⁾・上原洋一¹⁾・山内章²⁾

(1: 野菜・茶業試験場, 2: 名古屋大学生命農学研究科)

(連絡先: 〒470-2351 愛知県知多郡武豊町字南中根 45,

TEL: 0569-72-1647, FAX: 0569-73-4744, E-mail: anakano@nivot-pc.affrc.go.jp)

[はじめに]

トウモロコシを原料とする製糖行程から生じる副産物であるコーン スティープ リカー (Corn Staple Liquor : CSL) は、現在、微生物培養用の基質やトウモロコシの殻に付着させて家畜飼料として用いられている。大量に生産される副産物であるがゆえに環境保全的な側面から新たな処理および用途が求められている。すでに CSL がトマトの生育に与える影響を明らかにし、濃度を調製し少量ずつ添加する養液土耕（灌水同時施肥）のシステムを導入することによって、土壤還元が可能であり、従来の全層基肥施用および無機化学肥料を用いた養液土耕と同等の生育を示すことを明らかにした。一方で、根系形態への影響は異なり、有機養液土耕は、根を太くするという特有の現象も認められた。この他にも有機養液土耕は、根系に影響を与えていたと考えられたので、根の活性の指標である、出液速度や、根の呼吸に与える影響を明らかにした。

[材料と方法]

横 6m、縦 12m、軒高 3m のビニールハウス内に、ポリエチレン製の舟形のドレンベッド（幅 0.9m × 長さ 9.4m、深さ 20–30cm）を 3 基設置し、それぞれ 61 本トマトを定植した。施肥条件としては、以下の 3 処理区を設けた。（1）基肥施用区：基肥として 1 個体当たり窒素 7.5 g を与えた。（2）無機養液土耕区：基肥無しで栽培を開始し、1 日 1 個体当たり平均 140mg 程度の窒素を灌水と同時に施肥した。肥料は OK-F1（大塚化学）を用いた。（3）有機養液土耕区： CSL はカルシウム成分が乏しいため、カキ殻石灰肥料を土壤に混和した。その他液肥として CSL を用いる以外は、無機養液土耕区と同様の栽培を行った。地際から 5cm の部分で、トマトの地上部を切断し、切り口を脱脂綿で覆い、それぞれの処理における出液速度を測定した。また、それぞれの根を掘り出し、呼吸速度を酸素電極法により測定した。

[結果と考察]

有機養液土耕の出液速度が最も速く、測定期間中の低下も少なかった。無機養液土耕の出液速度の低下は硫黄欠乏により誘発され、硫酸イオンの再添加により回復することが明らかとなった。全体的に、養液土耕栽培は、根系に負荷されるストレスが少ない栽培法であると考えられた。また、呼吸と出液速度に関しては、傾向が一致しない場合もあった。

Alterations in rhizosphere pH and nitrate uptake along the root axis of cowpea by shoot light conditions

Theertham P. Rao, Katsuya Yano, Morio Iijima, Akira Yamauchi and Jiro Tatsumi
 (Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya)

The dynamics of rhizosphere pH along the taproot axis were quantified into proton fluxes through image analysis. A scanned image of root embedded thin pH indicator, which contained 1 mM KNO_3 was used for image analysis. Nitrate uptake rate along the root axis was measured using ^{15}N method. Both the proton fluxes and nitrate uptake rate along the root axis were measured after 6 hours incubation in the agar gel under dark and light conditions on shoot.

Proton influx (alkalization) was observed all along the root axis under dark on shoot (Fig.1). However, under light on shoot, a localized proton efflux (acidification) was observed at middle portion of the root axis. The intensity of light induced acidification at middle portion of the root axis was further enhanced with the increase of light intensity on shoot. Nitrate uptake was higher at apical portion than middle and basal portions under dark on shoot (Fig. 2). However, under light on shoot, the uptake rates at different portions of the root axis were altered, where higher uptake rate was observed at middle and basal portions than at apical portion. The light induced increased uptake rate at middle and basal portions were further enhanced with the increase of light intensity on shoot.

These results indicated that the light conditions on the shoot greatly affect the changes of rhizosphere pH and nitrate uptake along the root axis, which suggest an alteration in physiological function of the root portion by the light conditions on shoot.

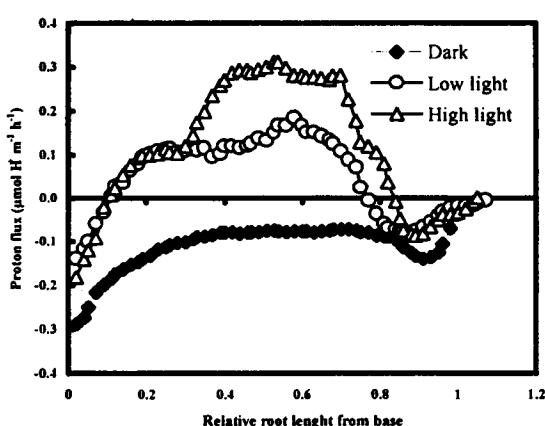


Fig.1 Proton fluxes along the root axis under dark and light conditions on shoot. Low and high light represent 90 and 110 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ light intensity, respectively.

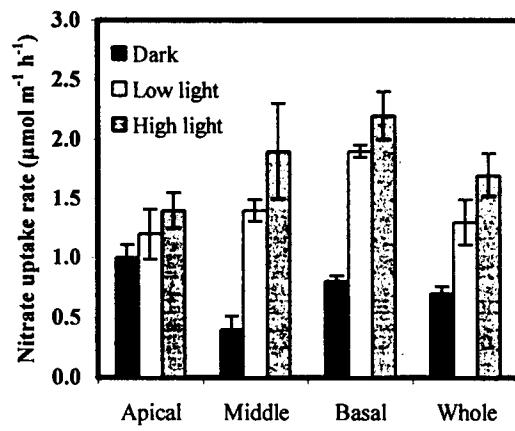


Fig.2 The nitrate uptake rate at different portions of the root axis and whole root under dark and light conditions on shoot.

カキの木根電位 (TRP)、導管圧、温度の日周変動と相関関係

岡本 尚 (森植物生理研) 〒437-0221 静岡県森町円田443-5

正木伸之 (正木樹芸研) 〒438-0802 静岡県豊田町東原729-2

樹木のTRPは規則正しい日周変動(記録をElectro-radicogram, ERGと呼ぶ)を示し、その振幅は蒸散の盛んな開葉期には10~20mVと小さい。蒸散の衰える落葉期には2月、節分の頃から次第に大きくなり、3月上旬頃最大70mVに達し、開葉とともに急速に減少することがここ5年間の完全液絡系による連続計測で確認された。TRPと水代謝との関係を解析するために、地際の木部に先端を半ば閉じ、2mm手前に0.8mmの横孔を貫通した注射針をゾンデとして数mm刺入し、小型圧力トランステューサ(豊田工機製、PMS 5-2H)によって導管圧を通年連続計測した。凍結による破壊を避けるため、導圧には20%グリセロール水溶液を充填して用いた。気温と地温(地下15cm)の測定には熱電対(林電工、T5-TS-3.2-200-6TC-T-F-0.32-M-T)を用いた。

四季を通じてERGは気温の変化に追随する。季節によって両者の間には位相のずれが生じるが、気温の変化に牽かれて起こる地温の変化との間には殆どずれがない。またERGの振幅と温度の振幅との間には密接な相関があるが、その温度依存性は開葉期には20mV/10°C、落葉期ERGの振幅の大きい2月下旬から3月下旬までは70mV/10°Cと非常に異なる。落葉期後半のTRPの振動が著しくエネルギー代謝依存性の性格をもつことを示す現象と言えよう。温度振幅10°C以上では飽和の傾向が見られる。

一方毎日の温度の最高値と導管圧の最大(落葉期)または最小値(開葉期)との間にも密接な関連がある。開葉期には蒸散から期待される通り明かな負の相関がみられ、温度依存性は約-5kPa/10°Cであるが、ERG振幅の大きな落葉期後半では非常に大きな正の相関が見られ、しかも9°C以上で飽和する傾向が見られる。この相関関係の正から負への逆転は葉の面積が最大値の約1/3位に達した5月上旬に観測された。

当然のことながら毎日のERGの振幅と導管圧の振幅との間にも直線関係があり、2月下旬と比較すると3月中の依存性は非常に大きい。

以上の諸現象は落葉期における根からの水の吸収、上向輸送とTRPとの間に密接な関連のあることを示唆しているが、そのメカニズムの解明はなお今後の問題である。今年から他の樹種についても同様の計測が開始されており、落葉期に於ける樹勢診断への応用が開けることが期待される。

根の電気生理研究法 岡本 尚、正木伸之 土壌の物理性 No.82 (1999)

Long term measurement of the trans-root electric potential in a persimmon tree in the field. Okamoto, H. & Masaki, N. J. Plant Res. 112, 123-130 (1999)

菌根菌種の多様性と土壤耕起がトウモロコシの初期生育に及ぼす影響

矢野勝也¹・新浜太郎¹・T.P. McGonigle²

(1 名古屋大学大学院生命農学研究科・2 岐阜大学農学部 現アイダホ州立大学)

植物根とVA菌根菌（以下菌根菌）との共生体である菌根の形成は、宿主植物のリン吸収を促進する。菌根菌は土壤耕起による物理的な攪乱によって、しばしばその活性が低下することが知られている。本研究では、異なる菌根菌種を単独・混合接種した土壤での耕起処理が、トウモロコシの初期生育とリン吸収量に及ぼす影響を調査した。

3種の菌根菌 *Glomus mosseae* (Gm)、*Glomus aggregatum* (Ga)、*Gigaspora margarita* (Gi) を滅菌した壤質砂土にそれぞれ接種し、スーダングラスを宿主として5ヶ月間培養した。同時に、スーダングラスのみを栽培した非接種土壤も用意した。スーダングラスの地上部を収穫後、これらの土壤接種源を、1) 非接種、2) Gm、3) Ga、4) Gi、5) Gm+ Ga、6) Ga+ Gi.、7) Gm+ Gi、8) Gm+ Ga + Gi の混合様式でポット (1/10000a) に充填した。このポット土壤にトウモロコシを播種しガラス室内で25日間生育させた（第1サイクル）。第1サイクル終了後、トウモロコシの地上部のみを収穫し、8つの接種処理区のそれぞれ半数に対しては、ポットから土壤を取り出して5mmの篩いを通して、再びポットに充填して耕起処理とした。残りの半数はそのまま不耕起状態に保った。耕起処理を施した後に、再びトウモロコシを播種し32日間生育させた（第2サイクル）。同様に地上部を収穫後、耕起処理区にのみ同様の耕起処理を施してから、再度トウモロコシを播種し32日間生育させた（第3サイクル）。それぞれのサイクルにおいて、窒素・カリウムは十分に与えたが、リン酸源は与えなかった。

第1サイクルのトウモロコシにおける菌根菌感染率は、Ga区、Gm+ Ga区、Ga+ Gi区、Gm+ Ga+ Gi区のいずれも Gaを含む接種処理区で高く、地上部乾物重およびリン含量では Ga区と Gm+ Ga+ Gi区で大きかった。第2サイクルにおいても、Gaを含む接種区で地上部乾物重およびリン含量は優れたが、Gmを含む接種区でも比較的優れる傾向が認められた。第2サイクルにおける耕起処理の影響は有意には認められなかったが、第3サイクルでは特に Gmを含む接種区において、耕起区よりも不耕起区で感染率、リン含量・乾物重は高くなった。特に、Gmを含む接種区では菌根菌が樹枝状体を形成する割合が高く、これに対して Gaを含む接種区ではのう状体の形成割合が高かった。一般的に、樹枝状体は宿主植物と菌との物質交換の場で、のう状体は菌の物質貯蔵の役割を担うとされていることから、初期サイクルでトウモロコシの生育促進効果が大きかった Gaは、第3サイクルではリン供給能が低下して宿主からの同化産物に対するシンク的側面が強く現れたと思われる。逆に Gmでは、第3サイクルにおいても樹枝状体の割合が高かったことが、リン供給能を高く維持できたものと推察した。一方、Giの影響は各サイクルを通じて比較的小小さく、菌混合接種区においては主に随伴菌種の影響が強く現れた。第1から第3サイクルまでのトウモロコシのリン含量を積算すると、菌根菌の種数で3種≥1種≥2種>非接種の順で高く、特に同属菌種の Gmと Gaの2種混合接種では種間競合が強まる可能性が示唆された。

モデル土壤系における水分濃度と酸素濃度の関係

仁木輝緒(拓殖大・工) 高橋三男(国立東京高専・物質工)

エンドウを比較的高い温度で発芽・生育させると、根中心柱柔細胞が崩壊して空隙ができる。この現象は湛水処理、窒素ガス/酸素ガス濃度制御による低酸素状態等においても生じる。演者らはこの現象、空隙が形成されることを低酸素ストレスに対する適応形態ではないか、と作業仮説を立てその要因と形成のメカニズムを調べている。さて、大気中に枝葉を展開している地上部は安定した酸素濃度下にあると考えられる。しかし、地下部に展開している根は、実に様々な要因により規定される複雑な土壤中にある。土壤と根の関わりを調べていく時に、あまりにも複雑であり、解析に困難を伴うことがある。

演者らはモデル土壤系を設定し、その系において水分濃度と酸素濃度との関係を調べている。このモデル系というのは、決して標準的、代表的、あるいは模範的という意味でなく、誰もが容易に検討を試みることができ、信頼性、再現性がある系という意味である。

土壤は市販のバーメキュライトを用いる。土壤を入れる鉢として、1リットルのトルビーカー(直径10cm、高さ19cm)を用いる。ビーカーに水を0, 188, 375(標準量), 750, 780ml加え、アルミホイルで覆いオートクレーブ滅菌を90分行う。この操作により失われる水の量は、加えた量の約3%である。780mlの水の量は明らかな湛水状態を示すが、オートクレーブ滅菌後には水を視認できない。

酸素濃度(水溶液の場合は溶存酸素量として)の測定は、堀場製の隔膜電極法によるハンディ溶存酸素メータOM-14を用いた。測定は滅菌後の各水分濃度の土壤に酸素センサ電極を埋め込み、約8時間連続計測を行った。

0ml水分量の土壤の酸素濃度は約8.4mg/Lでほぼ大気酸素濃度と等しい。滅菌水の溶存酸素量は約3.5mg/Lである。0ml水分量の土壤がこの滅菌水による湛水処理を受けた場合、2~3分以内に約4.2mg/Lの酸素量になり、100分後に約6mg/Lの酸素量になる。その後徐々に低下していく。780mlの含水を持つ土壤でもセンサ埋め込み後は大気酸素量とほぼ等しい値を示し、8時間後においてもその値は維持されていた。この土壤が滅菌水で湛水処理を受けると、同じく2~3分以内に約3.5mg/Lの酸素量になり、50分後に約4.8mg/Lに増加し、その後々に低下していく、200分後に約3.0mg/Lで維持されている。標準水分量としている375mlの土壤でもセンサ埋め込み後は、大気の酸素濃度とほとんど同じである。滅菌水による湛水処理後は2~3分以内に酸素濃度が急激に低下した後、徐々に酸素濃度の低下を示した。

これらの結果は、酸素センサを埋め込んだ後において各水分濃度の土壤の酸素濃度に大きな変化はみられないが、湛水処理後に酸素濃度の変化に差異がみられた。すなわち、より多く含水していた土壤は酸素濃度が低く、含水量0mlの土壤では湛水後においてもかなり長い時間、高いレベルの酸素量が維持されていた。多くの水を含んだ土壤は含み得る酸素濃度が少ないことを示している。これら土壤水分量と酸素濃度との関係を報告する。

カワゴケソウ科の同化根の比較解剖学

今市 涼子¹・加藤 雅啓²

(¹日本女子大学・理学部・物質生物科学、²東京大学大学院・生物科学)

カワゴケソウ科は、川の急流域や滝の、岩盤や石に固着して生活する水生被子植物であり、急流環境への適応から根・シートモデルでは説明困難な特異な体制を進化させている。トリスティカ亜科5属10種とカワゴケソウ亜科42属258種が世界の三大熱帯、アジア、アフリカ、アメリカを中心に分布している。岩盤や石に固着する匍匐体は、先端に保護組織である根冠をもつことから、器官学的には根であると考えられている。この根は糸状や円柱状の軸状のものから、扁平でリボン状、極端な場合は扇型に広がって葉状になるものまであり、科内で高い形態多様性を示す。シートは不定芽として根上に形成される。アジアの種では茎はほとんど伸長せず、葉も非常に小型でめだたないものが多い。この場合、もっぱら根が同化根として光合成の機能をあずかっている。これに対して南アメリカの種では葉が大型になるものが多く、根は短命である。本研究ではカワゴケソウ科内で多様な体制を示す同化根の発生解剖学的観察を行い、形態の進化過程を明らかにすることを目的とした。

[材料と方法] 1998年から2000年にかけてスリランカ、インド、タイ、ガイアナ、メキシコ、日本などによる野外調査において15属22種を採集した。FAA固定された試料を用いて、樹脂切片法による光学顕微鏡観察とSEM観察を行った。

[結果および考察]

(1) 根の扁平化と根冠構造：軸状の同化根の場合、一部の種(*Weddelina squamulosa*)を除き、根冠構造は強い背腹性を示した。すなわち根冠は根の腹側より背側に大きく広がっていた (*Malaccotristicha malayana*, *Podostemum licciforme*, *Cladopus nymani*等)。一方、根冠様組織を全くもたず、頂端分裂組織が露出している種も存在した (*Podostemum subulatum*)。カワゴロモ *Hydrobryum japonicum* や *Zeyalanidium olivaceum* などにみられる葉状の同化根では分裂組織は周縁近くに連続的に存在し、その外側を数層の細胞からなる保護組織が取りまいていた。

(2) 側根形成：側根を内生的に形成する種が多いが、頂端分裂組織が先端で不均等に分裂する、すなわち外生分枝を行う種 (*Podostemum subulatum*、カワゴケソウ *Cladopus japonicum* 等) が存在することが明らかになった。カワゴロモなどの葉状の根でも分枝は外生的に行われる。側根が内生的に形成されるという体制が種子植物に一般的であることから、カワゴケソウ科にみられる根の外生分枝は特殊な形質と考えられる。

以上の発生解剖学を *Mat K* 遺伝子を用いた分子系統解析 (Kita and Kato, in press) と合わせた結果、カワゴケソウ科の根では、円柱状→扁平な軸状→リボン状→葉状という扁平化が進み、根冠あり→根冠なしという根冠の消失が起こり、さらに内生分枝→外生分枝という方向の進化が起きたことが示唆された。

コシヒカリの不耕起移植栽培と湛水土中打込み点播栽培

一根系生育、溢泌液量および収量構成要素一

鯨 幸夫*、内浜 朗、吉村紘美、佐野智子、中島裕司、

狩野 紫、富澤佳代、畠中博英¹、橋本良一¹

(金沢大学教育学部、¹石川県農業総合研究センター)

環境保全を考慮しながらも農業生産の低コスト化を図ることが重要視されている。本研究では、不耕起移植栽培および湛水土中打込み点播栽培を行ったコシヒカリの生育について、根系の構造と生理的機能および収量構成要素の観点から検討した。

材料および方法：実験は石川県農業総合研究センター内の水田にて実施した。不耕起移植区および対照区としての耕起区の田植えは、1999年5月7日である。湛水土中打込み点播区の播種は、4月26日に実施した。各処理区の施肥量および概要是、表1-1, 1-2に示した。コアサンプル法 (53mm φ, 400mmD) を用いた根系調査は、株間において8月4日に実施した（各3箇所）。根の機能を推定するために、株あたりの溢泌液量の調査を8月4日に実施した（各処理区とも5株ずつ調査）。土壤中の根系分布と根の生理活性との関連性を検討するため、根系からのRb吸収量を測定した。8月5日に株間の5cm下、10cm下および株直下20cmの位置にゲル状の塩化ルビジウム (Rb:10ppm) を10mlずつ注射器を用いてスポット注入した。注入5日後の8月10日、調査対象株を刈り取り、乾燥・粉碎処理を行ったのち試料の前処理を行い、原子吸光法を用いて1株あたりの吸収Rb含有量を定量した。倒伏に関する要因としての押し倒し抵抗値は、DIK-7400を用いて穗揃い期の8月11日に調査した。

結果および考察：根乾重の階層分布を表2に示した。土壤中0-10cmの根乾重は不耕起5年目の区で有意に多かった。30-40cmの根乾重は不耕起1年目の区が耕起区や点播区より有意に多かった。総根乾重は、不耕起5年目の区が耕起区や点播区より有意に多かった。1株あたりの溢泌液量/hrは、点播区よりも耕起1年目と不耕起5年目の区で有意に多かった（表3）。1茎あたりの溢泌液量/hrは、他の処理区よりも点播区で有意に少なかった。5日間の株あたりRb吸収量を表4に示した。株直下20cmにおけるRb吸収量は、耕起区よりも不耕起区で多かった。不耕起では、株間10cm下でのRb吸収量が株直下20cmと比較して有意に少なかった。耕起区では、株間5cm下のRb吸収量が株間10cm下および株直下20cm処理よりも有意に多かった。点播区では、株間5cm下のRb吸収量が他の処理区よりも大きかった。対照区としての耕起区の倒伏抵抗値は10.7であったが、打込み点播区では12.7を示し、点播方式による直播栽培は株の倒伏程度を強化させる効果があることが示唆された。

表1-1 試験区(3・5・7・8区)の概要

試験区*	基肥:N**		総施肥量:N (kg/10a)	栽植密度 (株/m ²)
	速効性	緩効性		
3区:連続耕起区	3	3	6	21.9
5区:耕起1年目	3	3	6	21.9
7区:不耕起5年目	3	3	6	21.9
8区:不耕起1年目	3	3	6	21.9

*側条施肥栽培区。

5区は堆肥区(牛糞初段堆肥1t/10a)で昨年まで不耕起区。

8区は昨年まで耕起区

**基肥のP₂O₅とK₂Oは6kg/10a、速効性Nは硫安(N:12%)、

緩効性NはLPS80:LPS100=35:85(N:12%)

表2 根乾物量の階層分布(1999. 8. 4)

試験区	土壤中の階層				総根重mg
	0-10cm	10-20cm	20-30cm	30-40cm	
3区	56.3±27.0	48.7±18.5	8.0±5.0	0.7±1.1	113.7±15.0
5区	78.7±54.0	31.0±18.0	5.0±4.3	5.0	119.7±72.5
7区	218.0±95.5	24.7±16.6	14.7±15.3	2	259.4±118
8区	85.3±19.8	41.3±8.0	27.0±32.0	11	164.8±44.0
点播区	83.7±31.8	23.3±12.5	10.3±1.1	4.3±4.0	121.6±47.4
LSD(0.05)	96.9	27.8	29.4	6.6	119.7

*平均植土標準誤差(n=3)

表1-2 実験区(点播区)の概要

実験区	基肥:N	追肥:N*	施肥量:N		栽植密度 (株/m ²)
			15日前	7日前	
点播区	0	1	1.5	1.5	4 15.5

*4葉期にBB056を施用

**日の本2号を施用

表3 根系の生理活性に関する調査(1999. 8. 4)

試験区	いつ泌液量		地上部乾重	
	(g/株·1時間)	(g/1茎·1時間)	(g/株)	(g/1茎)
3区	3.168±1.371	0.256±0.104	14.131±4.738	1.104±0.167
5区	3.914±1.429	0.222±0.046	29.128±6.979	1.674±0.163
7区	3.443±1.044	0.191±0.058	26.219±3.520	1.457±0.195
8区	3.158±1.293	0.218±0.114	22.775±7.085	1.441±0.287
点播区	1.782±0.838	0.108±0.052	26.041±6.899	1.532±0.227
LSD(0.05)	1.558	0.106	7.945	0.286

*平均植土標準誤差(n=5)

報告(第13回根研究集会発表要旨)

有機栽培を行ったコシヒカリの根乾重階層構造および収量構成要素

鯨 幸夫、富澤佳代、中島裕司、佐野智子、内浜 朗、吉村紘美、狩野 純
(金沢大学教育学部)

自然環境への負荷が少なくなるような環境保全型農業を構築するための基礎的研究として、有機資材を投入して水稻栽培を行っている実践圃場における調査を行った。

材料および方法：実験は1999年に農家水田で生育する水稻品種、コシヒカリおよび塩こう48号を材料に用いて実施した。圃場の概要は次の通りである。1) 松任水田：16年間牛糞粉殻堆肥を連続施用してコシヒカリの条抜き有機農業を行っている圃場。2) 野々市水田：5年間有機ボカシ肥料を用いてコシヒカリの条抜き有機栽培を行っている圃場。3) 輪島市町野町水田：カルス菌を用いた有機ボカシ肥料を用いて、コシヒカリと塩こう48号（中国の短粒品種）を栽培している圃場。4) 比較区として、石川県農業総合研究センター内で化学肥料を用いて慣行栽培したコシヒカリ。

調査項目：株間における根系調査はコアサンプル法（53mmφ×400mmD）を用いた（各々5箇所について実施）。根系調査は、7月8日および出穂期前後の7月29日、8月4日に実施した。採取したコアは、地表面から10cm間隔で分割し、ルートウォッシャーを用いて根を洗い出し、70°Cで24時間乾燥させて乾物重を測定した。草丈、茎数、SPAD値、地上部乾物重も測定した。溢液量は各試験区とも5株を対象にして、7月8日、15日および7月29日と8月4日に実施した。収量および収量構成要素を調査したのち、食味分析計（静岡製機GS2000）を用いて玄米および白米の食味成分含量を測定した。

結果および考察：7月8日における株間根乾重の階層分布をみると、野々市コシヒカリでは、10-20cmおよび30-40cmの階層で条抜き内側の根乾重が外側より有意に多く、松任コシヒカリでは、30-40cmの層で条抜き内側の根が外側よりも有意に多かった。出穂期における根乾重の分布を表1に示した。野々市コシヒカリでは、条抜き外側の株間の根重が内側よりも多い傾向が示された。7月15日調査の野々市コシヒカリでは、条抜き内側の1株あたりの溢液量が外側よりも有意に多く、分けつ1本あたりの溢液量は、内側よりも外側の条間で大きい傾向を示した。8月4日の1株あたり溢液量と分けつ1茎あたりの溢液量には、条抜き部分からの条の違いによる有意差は認められなかった（表2）。収量構成要素は表3に示した。

謝辞：実験に協力いただいた、野々市町藤平の三納和之氏、松任市八田中の中野正剛氏、輪島市町野町の向面正一氏および国永剛氏、穴水町の西出隆一氏に感謝致します。

第1表 出穂期における根乾重の階層分布

処理区	土壤中における根乾重 (mg)					
	0-10cm	10-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	総根重
松任 内側	76.0±31.1	31.7±5.5	7.7±6.1	6.0±0	45.4±11.6	121.4±42.7
野々市外側	76.3±27.5	28.7±12.2	7.7±7.0	0	36.4±19.2	112.7±46.7
野々市内側	77.7±15.6	17.7±10.0	4.7±2.8	0.7±1.1	23.1±13.9	100.8±29.5
町野コシ株間	89.7±11.0	51.0±14.1	15.7±15.8	0	66.7±29.9	156.4±40.9
町野コシ条間	124.7±73.9	155.3±104.1	42.7±34.2	10.0±2.8	208±141.1	332.7±215
町野塩こう外側	31.0±16.0	15.0±6.0	1.5±0.5	0	16.5±6.5	37.5±22.5
町野塩こう内側	53.0±2.6	28.0±19.0	17.7±6.5	0	45.7±25.5	98.7±28.1
LSD (0.05)	60.3	91.2	26.2	89.7		

* 平均値標準誤差

第2表 溢液量の変化

処理区	溢液量		
	g/株/hr	g/茎/hr	率
野々市外側	7.9±1.3	0.3±0.04	29.4±1.3
野々市内側	7.6±1.2	0.3±0.04	24.0±2.3
町野コシヒカリ	6.0±0.9	0.2±0.03	30.8±4.2
町野塩こう外側	10.2±0.9	0.3±0.01	32.2±2.4
町野塩こう内側	11.0±0.4	0.4±0.02	27.0±2.0
LSD(0.05)	15.0	0.10	8.6

第3表 収量構成要素

処理区	1穗初数	穗数/株	千粒重	相玄米重	登熟歩合*
野々市外側	113.5	27.2	21.8g	876.4kg/10a	83.5%
野々市内側	108.0	21.7	22.5	677.1	82.4
町野コシ	112.5	17.8	19.6	498.3	81.5
町野塩こう48	94.6	20.8	22.1	436.1	80.3
对照(コシ)	67.3		22.6	549.0	87.9

* 比重選 (d=1.06)

深水処理による水稻の根系構造の変化

村上充恭*・大江真道(大阪府立大学大学院農学生命科学研究科)

(連絡先:〒599-8531 堺市学園町1-1, TEL: 0722-54-9407,

E-mail: ohe@plant.osakafu-u.ac.jp)

【はじめに】

水稻栽培において、分げつ盛期から最高分げつ期にかけて湛水深を深くする深水処理は、無効分げつを抑制し、有効茎歩合を高めることで多収型の生育に導く生育制御技術として確立されつつある。しかし、これまでの報告は地上部の生育反応性について述べたものが多く、地下部である根についてみた報告は少ない。本研究では、この深水栽培方法が根系の発達におよぼす影響について、壁面観察法で得た根系画像とサンプリング調査で得た根乾物重推移から解析した。

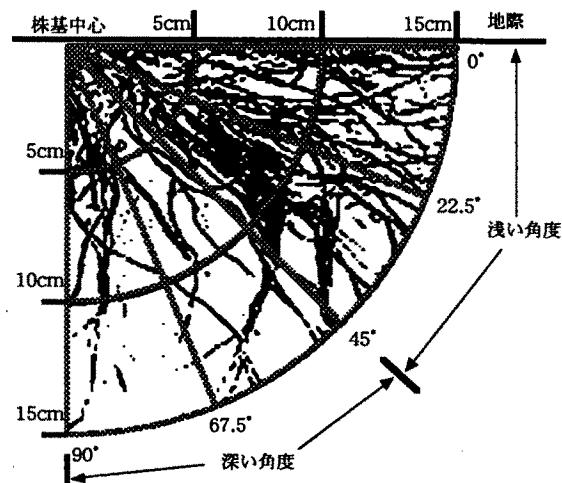
【材料及び方法】

供試品種は日本晴を用いた。実験区は DW 区(深水処理区)と SW 区(対照浅水区)の合計 2 区設けた。1999 年 6 月 4 日に葉齢約 5.0 の中苗を水田に移植した。深水処理は、分げつ盛期(移植後 25 日)から最高分げつ期(移植後 42 日)までの 17 日間水深を約 28cm に設定して行った。DW 区の深水処理期間以外と SW 区の水深は約 3~5cm とした。生育調査として草丈、草高、茎数、葉齢、葉色値の測定を 5 日ごとに行った。根系解析は、土壤に垂直に挿した塩ビ板(高さ 20cm × 幅 100cm)に沿わせて生育させた根系(壁面観察法)を深水終了時期と出穂期に撮影し、その写真を画像解析ソフトで稻株基部からの距離(5cm ごとに 15cm まで)と、水平面からの角度(22.5° ごとに 90° まで)の計 12 の領域に分割したのち、根の像がしめる面積(根面積)を求めた(図参照)。また、写真撮影後の株はサンプリングを行い、地上部と根の乾物重を測定した。

【結果と考察】

DW 区の最高茎数は SW 区よりも減少したが、穗数の減少は少なく、有効茎歩合の高い生育型に変化した。また、DW 区の深水期間における葉色値は SW 区よりも高く維持された。以上のことから、地上部では深水処理の効果が確認された。次に根系構造の変化を生育時期別にみると、深水終了時期の DW 区の総根面積は SW 区よりも小さく、領域別にみると、深い角度(0° ~ 45°)と株基から離れた領域で SW 区よりも小さかった。また、この時期の根乾物重も SW 区よりも少なかった。しかし出穂期にかけて、SW 区では根面積の増加がみられず根乾物重は減少していたが、DW 区では根面積、根乾物重のいずれについても増加が認められ、出穂期では根面積、根乾物重とも SW 区よりも優った。出穂期の DW 区の根面積を領域別にみると、深い角度では SW 区と同程度であったが、深い角度では SW 区よりも著しく大きかった。根の深根性を示す「根の重心」を根面積から求めた結果、深水終了時期の DW 区の「根の重心」は SW 区と同程度であったが、出穂期では SW 区よりも大となった。また、DW 区の T/R 比は、深水終了時期から出穂期にかけて SW 区よりも低く推移したことから、この時期の DW 区では根への乾物分配が優る傾向が推察された。

以上のように、DW 区の根系は深水処理によって一時的に SW 区よりも抑制されたが、深水終了時期から出穂期にかけて SW 区よりも発達することが明らかとなつた。今後は出穂期にかけて発達する根の由来や、その根の活力などを詳しく検討する予定である。



図：根系画像と領域分割
※黒い部分が根系

機械的ストレス条件下における根冠の構造と細胞生産速度

飯嶋盛雄*・Peter Barlow¹・Glyn Bengough²

(*名古屋大学大学院生命農学研究科、¹ Department of Agricultural Sciences, Long Ashton Research Station, UK、² Soil-Plant Dynamics Unit, Scottish Crop Research Institute, UK)

植物の根冠細胞は分裂組織で生み出されてから、新たな細胞の分裂に伴い徐々に外側に押し出され、最終的には周縁部から脱落する。これらの細胞の多くは生きており、根圏内において根と土壤の界面に存在するBorder cell（以下、境界細胞と呼ぶ）として何らかの生態的な役割を担うことが推定できる。著者らがトウモロコシをいろいろな硬さの砂で育てたところ、一日当たり最も柔らかい条件の1,930個から硬い条件の3,220個の根冠細胞が脱落した（Iijima et al., 2000）。この数値から、境界細胞によって根冠表面の何%が覆われているのかを推定したところ、対照条件では根冠表面の7%、最も硬い培地では103%であった。すなわち、これらの境界細胞は根と土壤との間で柔らかいポンジのような役割を担って、硬い土壤での摩擦抵抗を減少させているのであろう。本報告では、根冠の構成細胞数と細胞生産速度を明らかにすることによって、土壤の機械的ストレス下での根冠組織の動態を議論する。

トウモロコシ（Mephist）種子根を2段階の硬さに調整した砂培地において24時間生長させた。根端部を0.04%コルヒチン溶液で処理し、一定時間間隔でFAAで固定後パラフィン包埋し10μm厚の連続切片を作成した。切片はシップの試薬とファ-スト・グリーンによる2重染色を行った。根冠始原体をコルメラ部分と周辺部分に分け、正中縦断面上で確認できる全ての始原細胞の細胞周期を特定することによって細胞生産速度を求めた。また、根冠組織の正中縦断面像をコンピュータに取り込み、根冠の3次元構造が正中縦断面の回転体であると仮定して根冠細胞数を推定した。

圧縮条件下では根冠の長さと直径は小さくなり、総細胞数は14%減少した。同様に、砂培地で24時間生長させることによって、培地への移植前の個体と比べて対照条件では22%、圧縮条件では33%の細胞が減少した。細胞の生産速度に関しては、圧縮区では根冠始原細胞の周辺部分において生産速度が早くなり、一方、根本体の細胞生産速度は逆に小さくなつた。根冠の周辺部分の細胞は、根が土壤中を伸長するときに土壤粒子との摩擦が大きくなる部位であると考えられる。したがつてこの摩擦刺激の感受と細胞生産速度との間に何らかのフィードバック機構が存在する可能性がある。

24時間の砂培地での生育期間中に対照条件では約3,500細胞、圧縮条件では5,000細胞が土壤中に失われた。既報（Iijima et al., 2000）の結果より、これらの細胞の内、対照条件では1,600細胞、圧縮条件では2,600細胞が土壤との摩擦あるいはその他の理由により崩壊した細胞であると推定した。また、両区での根冠の総細胞数は約6,000から7,000細胞、一日あたり生産速度は1,600から2,000細胞であることから、砂培地で生育したトウモロコシ根冠細胞は3～4日間で入れ替わることが推定できる。

引用文献；Iijima, M. et al. 2000. New Phytol. 145: 477-482.

微小重力下における根の水分屈性

高橋秀幸¹, 水野英俊¹, 鎌田源司¹, 藤井伸治¹, 東谷篤志¹, 相澤幸子², 上垣内茂樹², 向井千秋², 嶋津徹³

(¹ 東北大学遺伝生態研究センター, ² 宇宙開発事業団宇宙環境利用研究センター,

³ 日本宇宙フォーラム)

これまでの研究で演者らは、植物の根が水分勾配に応答して正の水分屈性を発現することを証明した。すなわち、重力屈性を欠損した突然変異体の根が水分屈性を発現しやすく、地上で水分屈性を発現しにくい植物の根も、クリノスタット上で重力屈性の発現を消去することによって水分屈性を発現するようになる。これらの結果は、微小重力下の根が水分屈性を発現しやすいことを示唆するものである。1998年10月に実施したSTS-95宇宙実験では、微小重力下で育成したキュウリ芽ばえの側根が水を含んだ種子支持体に向かって伸長する現象が顕著にみられた。そこで本研究では、微小重力下で観察された側根の伸長方向が水分屈性によって決定されたものかどうかを、2軸の3次元クリノスタットを用いて検証した。

材料および方法 キュウリ種子を容器内の2種類の支持体（ロックウール、ベルイータ）に固定し、BRIC (Biological Research In Canister) に入れた。1個のロックウール容器には24個の種子、ベルイータ容器には36個の種子を固定し、このBRICを冷蔵条件で軌道上に打ち上げた。軌道上で、給水し、一定時間後に写真撮影し、試料を化学固定した。地上対照実験は、シャトル帰還後に、スペースハブ内で記録された温度経過をインキュベータに設定して行った。その際、上記の軌道上実験と同様にセットした種子に給水後、2軸クリノスタット上で回転させながら生育させる擬似微小重力区を設けた。側根の伸長方向は、主根の伸長方向からの散開角度として計測した。

結果と考察 微小重力下で育成させたベルイータ区の芽ばえは、地上対照区のものと同様に側根を発生させるまでに生長した。しかし、微小重力区ではほとんどの側根が地上とは異なり、ベルイータ側に伸長し、主根に対する散開角度が49度と小さかった。これに対して地上対照区の側根は、主根から94度の方向、すなわち水平方向に伸長した。一方、地上のクリノスタット上で発芽させた場合も、側根はベルイータに向かって伸長し、クリノスタットが微小重力下における側根の伸長方向を模擬する手段として有効であることが確認された。

主根上における側根の位置との関係からみると、静置させた対照区では、側根は発生位置とは無関係にほぼ水平に伸長したが、クリノスタット区では主根上の基部の側根ほど散開角度が小さくなる傾向を示した。クリノスタット上で主根の先端に近い側根ほど屈曲が大きいのは、容器内の水分勾配を反映している可能性がある。実際に容器内の湿度を測定した結果、水を含んだベルイータ支持体から離れるのに伴って湿度が低下し、根が水分屈性を発現させるのに十分な水分勾配が存在することがわかった。微小重力下では物質の濃度勾配は生じにくいものと考えられやすいが、本実験のように水を含んだ支持体をおいた場合、空気対流の欠如によって、既に存在する水分勾配が攪乱されにくく状態となり、逆に水分勾配が維持されやすくなるものと考えられる。一方、ロックウール中で発芽させるか、水を含んだベルイータで容器内全面を覆って発芽させることによって根の周囲における水分勾配を小さくすると、クリノスタット上の芽ばえの側根も静置状態にした芽ばえの側根と同様に、主根の伸長方向に対してほぼ垂直方向に伸長するか、その散開角度が著しく小さいものとなった。以上の結果は、微小重力下におけるキュウリ芽ばえの側根の伸長が水分屈性によって制御されたこと、また、地上では重力屈性が水分屈性の発現に強く干渉することを示している。

上記の宇宙実験およびクリノスタット実験では、側根の水分屈性が顕著にみられたものの、主根は水を含んだベルイータから離れるように伸長し、顕著な水分屈性を示さなかった。しかし、キュウリの主根もクリノスタット上では強い水分屈性を示すようになることが明らかにされた。すなわち、キュウリ種子を水を含んだベルイータの側面においてクリノスタット上で伸長させると側根と同様な水分屈性を発現するようになった。この結果は、本宇宙実験のように水分勾配方向と根の伸長方向が一致する場合には、根端が比較的均一な水分状態におかれることを示しているものと考えられる。

イネ根の生長と細胞壁粘弾性に対する微小重力の影響---

STS-95スペースシャトル実験の解析

谷本英一(名古屋市大・院・システム自然科学)、曾我康一、若林和幸、神阪盛一郎、保尊隆享(大阪市大・院・理学)

はじめに

地球上のすべての生物は地球の重力($1xg$)下で進化してきた。高等植物も例外ではなく、発芽した根は正の、茎は負の重力屈性を示す。このような重力屈性に代表される重力感受現象の解明のために宇宙の微少重力環境を活用した実験研究が実施されてきた。また、すべての生命現象が、 $1xg$ の加速度の下での現象であり、微少重力下で観察される現象は、 $1xg$ の生命科学を理解する上でも重要な情報を与えるものと期待される。

本報告は、1998年11月7日に打ち上げられたSpace Shuttle mission STS-95 (orbiter Discovery)での5つの植物実験(Table 1)の一つ(Hoson et al. J. Plant Res. 112:477-486, 1999)で、根に関して得られた知見を報告する。なお、本研究は、幼葉鞘の成長実験を目的として宇宙で成長させたイネから、幼葉鞘を分離した後、寒天中の根を採取して細胞壁の粘弾性を分析した追補的な実験である。

材料と方法

【植物の成長】イネ(*Oryzopsis sativa* L. cv.

Koshihikari and cv. Tan-ginbozu)の種子を殺菌後1%の寒天培地(Polycarbonate culture dish, $\phi 6\text{cm} \times 3\text{cm}$)に50個植え、4℃に貯蔵した。打ち上げ5日後、平均気温22.9℃に移して所定の日数成長させた後、3,4,5日後に凍結させたまま大阪市大へ輸送し、-80℃で保存した。地上コントロールは、宇宙船内の温度条件を大阪市大の研究室で再現して成長させた植物を用いた。

【細胞壁の伸展性】幼葉鞘を切除分析の後、寒天中の根を取り出すため、90℃で寒天を溶解して根を取り出し、沸騰メタノール中で5分間固定した。固定した根を10 mM MES buffer pH 6.0中で水和し、根端から1-4mmの部分の細胞壁の伸展性をクリープ粘弾性解析法によって計測した。細胞壁粘弾性は図1の粘弹性モデルの弾性率 E_0 , E_1 , E_2 と粘性係数 η_0, η_1, η_2 の6つのパラメータで表現した。

Table 1. Plant experiments carried out on Space Shuttle STS-95

PI*	Acronym	Title of experiment
Hoson, T.	RICE	Growth regulation mechanisms in higher plants under microgravity conditions
Ueda, J.	AUXIN	Polar transport mechanism of phytohormones in higher plants under microgravity
Ishikawa, H.	ROOT	Response of roots of wild type and auxin/gravi-sensitivity mutants of higher plants to electrical field and gravity
Takahashi, H.	PEGT	Gravimorphogenesis of Cucurbitaceae plants: Development of peg cells and graviperception mechanism in cucumber seedlings
Cosgrove, D.J.	PEGC	Gravity Effects on Seedling Morphogenesis

* Principal investigator.

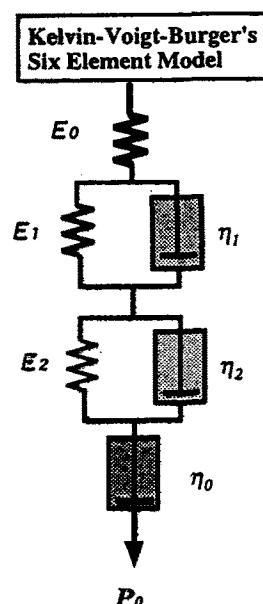


図1 細胞壁伸展性の6要素粘弹性モデル

結果と考察

すべての実験は成長開始後3, 4, 5日目の根を比較した。根の伸長帶細胞壁の粘弾性は、短銀坊主では、すべての粘弾性係数が宇宙 uxg の方が地上 $1xg$ より大きな値を示した。地上では日数の経過とともに粘弾性係数は低下する傾向を示した。 uxg と $1xg$ を比較すると、最も成長速度の大きい4日目で最も差が大きくなり、5日目では差は小さくなつた。コシヒカリでは、3日目の差はほとんど有意差はなかつたが、4日目では、やはり、 uxg の方が $1xg$ より大きな値を示した。コシヒカリの5日目は、逆に、 uxg の方が $1xg$ より小さな値を示した。

これらの粘弾性係数は弾性率と粘性係数を示すので、値が大きい方が細胞壁が堅く柔軟性が低下していることを表している。宇宙で育てた根の方が地上で育てた根より細胞壁が堅くなっているという結果は、予想に反する結果であった。すなわち、地上器官・幼葉鞘では、宇宙の方がわずかに成長速度が大きくなり、細胞壁の伸展性も大きくなり同時に細胞壁が薄くなるという結果が得られ、地上では重力ストレスによる細胞壁の強化が起こっているという結果がえられていた。しかし、根ではその反対に細胞壁がむしろ堅くなるという結果となつた。この結果についてまだ、十分な説明はないが、いくつかの可能性が考えられる。まず、同時に行われたオーキシンの極性移動実験(Ueda et al. J. Plant Res. 112:487-492, 1999)によると、トウモロコシ幼葉鞘でのオーキシンの極性移動が宇宙では促進された。このことから、根へのオーキシンの供給が過剰になって細胞壁の伸展性阻害が起つたことが一因ではないかと考えられる。さらに、本実験は、根の成長解析用にデザインされたものではないので、根の生育条件を再検討する必要がある。宇宙では、根の一部が空気中に伸び出すのでこのような根の成育条件の違いが細胞壁の性質を変化させた可能性もある。いずれにしても、本研究結果から、幼葉鞘と根との間で、オーキシンおよび糖などの輸送が重力の影響を受け細胞壁粘弾性に変化を与えた可能性が示唆された。したがつて、根の成長解析を主目的として、茎や葉などの地上器官と根茎の相関関係に対する重力の影響をさらに調査する必要がある。

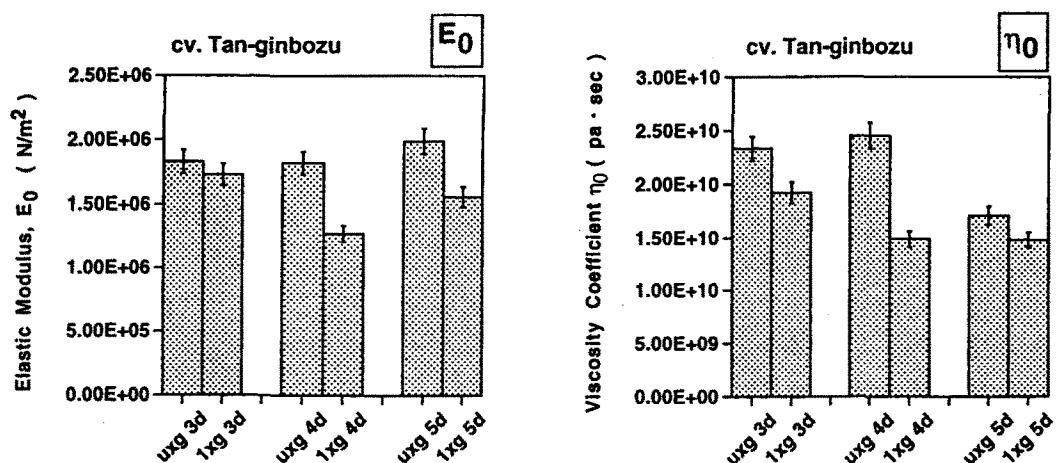


図2 宇宙 (uxg) と地上 ($1xg$) で育った根の細胞壁の弾性率 E_0 と粘性係数 η_0 の比較

カボチャ導管液中の緑化阻害活性に対する湿潤土壤の効果

加藤千尋* (筑波大学生物科学研究所)・佐藤忍 (筑波大学生物科学系)

(連絡先; Tel: 0298-53-4871 FAX: 0298-53-4579 E-mail: chihiro@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

高等植物の導管は根で吸収した水や無機栄養素を運ぶ機能に加えて、根で合成した植物ホルモンや糖質、タンパク質など有機物質を輸送し、個体機能の調節・維持に関わっていることが示唆されている。我々の研究室ではカボチャ台木の根にキュウリ穂木を接ぐことによって穂木の子葉が黄化することが見いだされた。カボチャの根導管液中にはタンパク質が約 $20 \mu\text{g}/\text{ml}$ 含まれているが、これらのタンパク質の果たす生理機能は今のところ不明である。そこで、キュウリ子葉の緑化に関わる物質の機能解明のために、カボチャの根導管液中に存在する高分子性の生理活性物質の単離精製をキュウリ子葉緑化誘導の系をアッセイ系として行ってきた。その結果、分子量約 3,000 ~ 5,000 の画分にキュウリの黄化子葉の緑化を促進する活性が、分子量約 1,500 の画分に強い緑化阻害活性があることが見いだされた。本研究では、カボチャ植物体の根の水分状態の変化に伴い誘起されてくる導管液に存在する緑化制御活性の変動の調査を行い、導管を介した地上部と地下部器官の相互作用の機構の一端を解明することを目的とした。

1) カボチャの根にキュウリ穂木を接ぐことによりキュウリ穂木の子葉の黄化が確認されていたが、このカボチャの根に湿潤処理を行うことにより、キュウリ穂木の子葉の黄化の促進が確認され、この物質がキュウリの根よりもカボチャの根で多く生産される物質で、根圏の水分環境状態によってその生産量や活性が変化する可能性が示唆された。

2) 温室で鉢植えしカボチャの、土にの湿潤処理を行い、この処理区と非処理区（対照区）の葉の生重量と乾重量、クロロフィル含量を測定し植物体の状態を調べた。導管液を採取した。次に、処理区・非処理区から茎を切断して得られた導管液をゲル濾過により分画し、キュウリの黄化子葉の緑化のバイオアッセイ系にかけたところ、湿潤処理区では特に緑化阻害活性が増加することが確認された。

3) 緑化阻害画分を同じくゲル濾過カラムの (Sephadex G-15) で分画したところ、阻害活性は、分子量 1,400 付近の物質に由来することが分かった。

以上の結果から、カボチャの根で生産される導管液中にはキュウリの黄化子葉の緑化を阻害する生理活性物質が存在し、その根における合成が、土壤の水分状態によって変動すること、またその物質が分子量 1,400 付近の有機物質であることが示唆された。今後はこの物質の精製を進めるとともに、その合成量の変動と作用機構を調べることにより、植物個体における生理機能を明らかにしていきたいと考えている。

報 告 (第13回根研究集会発表要旨)

イネの根に特異的なアンモニウムトランスポーター遺伝子の機能解析

園田 裕・池田 亮・山口淳二（名大・生物分子応答研究センター）

E-mail : jjyama@agr.nagoya-u.ac.jp (山口淳二)

窒素は植物にとって必要不可欠な栄養素である。これまでに窒素源の取り込みにおいてその輸送担体であるトランスポーターが注目され、近年では分子レベルでの解析が進んでいる。植物が利用可能な窒素源としては硝酸態窒素とアンモニウム態窒素があげられる。イネにおいては還元性が強い水田で生育するためアンモニウムイオンを主要な窒素源として取り込んでいると考えられる。本研究ではイネのアンモニウムを特異的に輸送するトランスポーター遺伝子(*OsAMT*)に着目し、その解析を行った。

§1 イネのアンモニウムトランスポーター遺伝子(*OsAMT*)の単離

これまでにシロイスナズナおよびトマトなどでアンモニウムトランスポーター遺伝子(AMT)が報告されている(図1.参照)。これらの遺伝子を手がかりとして、イネE.S.T.より相同性検索を行ったところ、二つのcDNAクローニングが得られ、これらのcDNAを便宜上、*OsAMT1-1*および*OsAMT1-2*と命名した。同時にイネゲノミックライブラリーを用いたスクリーニングを行い、これらの遺伝子のプロモーター領域を単離した。これらの遺伝子の塩基配列を決定した結果、ORFは*OsAMT1-1*は1497 bp、*OsAMT1-2*は1491 bpであった。

推定されるアミノ酸配列からは*OsAMT1-1*と*OsAMT1-2*は81.8%の相同性がみられた。またこれらのアミノ酸配列の構造解析の結果、10ないし11回の膜貫通領域を持った膜結合タンパク質であることが推測された。

§2 *OsAMT*遺伝子群の発現様式の解析

*OsAMT1-1*および*OsAMT1-2*においてその発現様式をノーザンハイブリダイゼーション法を用いて検討した。組織特異性を検討した結果、*OsAMT1-1*は茎葉部および根といった様々な組織で発現が認められた(表1.参照)のに対し、*OsAMT1-2*は根特異的に発現が認められた。またアンモニウム添加による発現の誘導性を検討した結果、*OsAMT1-1*はアンモニウム添加によって発現の増大はみられるものの、構成的な発現が認められたが、*OsAMT1-2*はアンモニウム添加によって始めて発現の誘導が認められた。

その誘導性は0.3 mMといった極めて低い濃度で促されるため、*OsAMT1-2*は低濃度のアンモニウムを輸送する高親和性アンモニウムトランスポーターであることが考えられた。

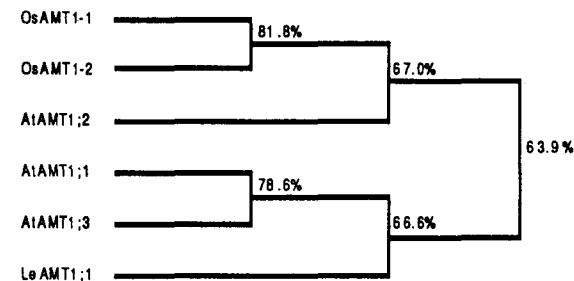
§3 酵母を用いた*OsAMT*遺伝子のアンモニウム取り込み機能の解析

酵母のアンモニウムトランスポーター遺伝子である*mep1*、*mep2*および*mep3*が欠損した変異株を用いて(Belgium Univ., B. Andre博士から譲渡)今回得られた*OsAMT*の翻訳産物(*OsAMT*)が実際にアンモニウムを取り込む機能を有するものかを検討した。

コントロールとして酵母発現ベクターのみを導入した形質転換酵母株は5 mM以下のアンモニウム添加培地では生育出来なかったのに対して、*OsAMT1-1*および*OsAMT1-2*を組み込んだ酵母発現ベクターを導入した形質転換酵母株は0.5 mMのアンモニウム添加培地でも生育出来た。これにより*OsAMT1-1*および*OsAMT1-2*はアンモニウムの取り込み機能を有していることが明らかとなった。今後はこの*OsAMT*におけるアンモニウムイオンの取り込み活性やその親和性などについて検討する。

表1. *OsAMT*遺伝子群の発現様式

遺伝子名	ORF	発現様式	発現部位
<i>OsAMT1-1</i>	1497 bp	構成的	根、地上部およびカルス
<i>OsAMT1-2</i>	1491 bp	アンモニウム誘導性	根特異的



キュウリ根導管液タンパク質遺伝子XSP30の地上部器官依存的発現

小田 篤、作田 千代子、¹⁾増田 進、佐藤 忍
(筑波大学生物科学、¹⁾野田産業科学研究所)

(連絡先〒305-8572茨城県つくば市天王台1-1-1筑波大学生物科学系 TEL0298-53-4871)

高等植物において、根や葉などの各器官は導管と師管からなる維管束組織によってつながれている。近年の研究により導管液中には、低分子有機物質に加えタンパク質などの高分子物質が存在することが明らかになり、傷害に応答して產生されるペルオキシダーゼや導管の後生的な補強に関わると推定されるグリシンリッチプロテイン(CRGRP-1, CRGRP-2)が機能していると考えられている。その他にも、レクチン様タンパク質(XSP30)が存在し、その遺伝子発現が根でのみ起こっている事が明らかにされている。このような根で作られ、導管を介して地上部に輸送されるタンパク質の中には、地上部の生理状態に応答して生産が制御され、植物体の成長や機能に関わるものがあると考えられる。本研究は、導管液タンパク質遺伝子[XSP30, CRGRP-2]の根における発現解析を通して、地上部器官と根の相互作用の一端を解明することを目的として行った。

導管液タンパク質遺伝子の根における発現に対する地上部器官の影響を明らかにするため、これらの導管液タンパク質の遺伝子の根における発現をノーザンプロットハイブリダイゼーションにより調査した。その結果、CRGRP-2, XSP30は共に播種後4日目から18日目にかけて発現を上昇させるが、XSP30の上昇量はCRGRP-2の上昇量に比べて高かった。また、播種後7日目に地上から3cmの位置で胚軸より上部を切除すると、XSP30の発現は一過的に上昇した後減少した。しかし、同じ処理を播種後12日目に行ったところ、一過的な発現の上昇なしに減少することが判明した。一方、光周期(16時間明期/8時間暗期)を地上部に処理すると、CRGRP-2の根における発現は影響を受けなかったが、XSP30の発現量は明期の後半に増加した後、暗期の後半に低下した。また、連続明期処理では少なくとも2周期にわたって発現の変動が維持されるのに対し、連続暗期処理では発現変動は1周期は保持されるものの、次第に発現量が低下した。また、XSP30のプロモーターのシークエンス解析を行ったところ、サーカディアンリズム型の発現性を示す遺伝子に特徴的なモチーフの存在が確認された。

これらの結果はXSP30の発現が地上部器官から根に伝達される何らかの因子によって制御されていることを示唆している。

根端の組織化学 西尾康三

663-8106 西宮市大屋町 24-8-101

(Tel, Fax) 0798-64-6319

根端、殊に根冠における酵素活性を組織化学の方法で観察し、各部に於ける働きの分布を知ろうとするものである。根端の各部分はいろいろな働きを分担し。それにしたがって、いろいろな酵素が活性をもっている。それで、各部分の酵素活性をみるとことによってその部分の生理的分担を推察することができる。このようなところでは組織化学的方法がその力を發揮するのである。

材料と方法

エンドウ、トウモロコシをバーミキュライト床で発芽させ、約 2 cm のびたものの、先端 約 5 mm をとり、フッカーミクロトームで 50 μ の縦断切片をつくり、酵素反応を検し、また、部位によって反応が異なると思われる試薬で染色し、酵素反応との関連を検討した。

反応をみた酵素は、acid phosphatase, esterase, α -galactosidase, β -galactosidase, β -glucosidase で、インドキシル法によってみたが、acid phosphatase, esterase については、アゾ色素法も併用した。Glycosidase についても、6-bromo-2-naphthyl で、発色剤として Fast Blue BB または、Fast Blue B を用いてアゾ色素法を試みたが、明瞭な反応がえられなかった。酵素反応の処理はいずれも、37 °C で 1 h おこなった。

これと併行して、ルテニュームレッド、アルシアンブルー、ヨウ素ヨウ化カリウム試薬で染色し酵素反応と対比した。

結果と考察

Acid phosphatase は根冠で強く、根が土壤中の磷酸を可溶にして利用するという通説と符合する。Esterase は同じ植物でも、基質が違うと反応の分布が異なり。種々の esterase がいろいろなところで働いているようである。Glycosidase 活性は植物によって異なる、よく論じられる細胞の伸長との関係が思われる。

根冠における古い細胞の剥落、粘液の分泌、澱粉の形成、根端の組織分化などと酵素活性との 関連を期待して、ルテニュームレッド、アルシアンブルー、ヨウ素ヨウ化カリウム試薬で染めてみたが、あまり関連がみられない。

反応の違いが組織、部位の生理的特性によるものか、植物種の違いによるものか。もっといろいろな種類の植物でみることが必要であろう。根端と成熟した部分との比較、閉鎖型と開放型の対比、静止中心の酵素反応など。興味ある問題が残されていると思う。光学顕微鏡による組織化学の限界を考えながら活用してゆくならば、根の働きの解明、栽培状態の診断等に寄与することができると思う。〔展示写真参照〕

キャパシタンス測定による根量の推測

○本間知夫*・松尾喜義

野菜・茶業試験場茶栽培部

(*現・東京医科歯科大学難治疾患研究所)

E-mail: htom.auto@mri.tmd.ac.jp

【はじめに】

地下部に隠れている根系の情報を、根を掘り取らずに非破壊で取り出すことは、長年望まれていることであろう。特にチャや果樹等の永年生の植物の場合、一度植えるとその後何十年にも渡って栽培管理されるためその要望は強い。

演者らは、リアルタイム、非破壊的計測の可能な電気生理学的手法、すなわち生体電位計測による茶樹根系機能の非破壊的評価に関する研究を行い、根の状態に依存して電位値が変化することを見出した。しかしこの変化は根の生理機能にリンクしている場合と一過的に土壌環境が変化しただけでも起こる場合があり、その区別が出来ないことには正しい評価はできない。そこで電位以外の電気的パラメータにも注目して研究を進めていたところ、キャパシタンス（静電容量）値がより根の状態を反映する可能性を示唆する結果を得たが、現在演者の所属及び研究内容の変更に伴いその後の検討は進んでいない。最近、キャパシタンス測定によってトウモロコシの根量を推定する報告が出された¹⁾ので、チャについてもその点を検討したところ若干の知見を得たのでここに報告する。

【方法】

様々なエージ（数ヶ月～5年生）の‘やぶきた’および‘おくみどり’の鉢植え苗を実験に用いた。LCR ハイテスタ（HIOKI 3522）に接続された一对のプローブ（電圧・電流を印可・計測できる）のうち、一つを地際に近い茎部に直接、もう一つを鉢植えの縁に近いところに挿した金属棒（長さ 20cm）に接続し、両間のキャパシタンスを測定した。また根を洗い出し、水耕液（組成は小西処方²⁾）を満たしたバケツ（容量 20L）に根を浸し、茎部—金属棒（水耕液に浸す）間でキャパシタンス測定を行った。測定後、根に付く土をきれいに洗い落とし根重を測定した。

【結果及び考察】

キャパシタンスと根重の間には、図1に示したように相関が認められた。鉢で測定した場合、測定直前に充分灌水しないとキャパシタンス値が不安定になることが多々あった。地上部を切除した場合、その前後で測定したキャパシタンス値にはほとんど違いが見られず、地上部の有無は本測定に影響しないことがわかった。これらの結果はキャパシタンス測定により根量の推定が可能であることを示唆している。しかし、測定しているキャパシタンス値が実際に根の何を反映しているのか、また圃場における測定の可能性など、不明な点も多い。今後これらについて検討していく予定である。

【文献】

1) Beem *et al.*, *Agronomy J.*, **90**, 566-570 (1998)

2) 小西, 農業及び園芸, **62**, 223-232 (1987)

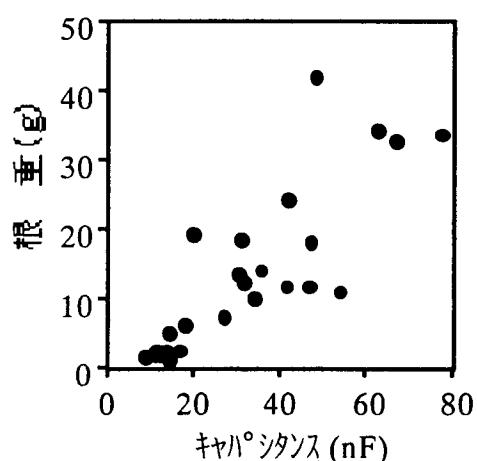


図1 キャパシタンスと根重の関係

・白色根重のみ ·やぶきた

コムギ根におけるアルミニウムシグナルの解析 —タンパク質リン酸化をともなうリンゴ酸放出の制御—

大沢裕樹・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

はじめに

アルミニウム(Al)ストレスに応答して、コムギの Al 耐性種は根端からリンゴ酸を放出する。Al とリンゴ酸のキレート結合が Al イオンの毒性を軽減せると考えられている。根における Al の受容からリンゴ酸放出に至るまでの情報伝達経路を明らかにすることは、Al 耐性応答の制御された植物の作出に向けて重要な知見となる。そこで本研究では、コムギ根における Al 応答性のリンゴ酸放出特性をタンパク質リン酸化の役割に着目して明らかにすることを目的とした。

材料および方法

播種 4-5 日後のコムギ (*Triticum aestivum* L. cv. Atlas) 幼植物から切断した根端を、 $200 \mu\text{M}$ AlCl_3 を含む $200 \mu\text{M}$ CaCl_2 溶液中で振とうし、一定時間処理した。溶液中に放出されたリンゴ酸を酵素法により定量した。根端から抽出した粗タンパク質を SDS-PAGE によって分離した後、ゲル内活性化法によりプロテインキナーゼ活性を調べた。

結果および考察

コムギ根におけるリンゴ酸の放出は、根端から 2 mm の部位に限定された。コムギ根端におけるリンゴ酸の放出は、Al 処理後 3 分を経て誘導された。リンゴ酸の放出の誘導は、Al を含まない溶液に移してから 5 分で減少した。これらの結果から、コムギ根端では、Al の有無に短時間で応答してリンゴ酸の放出が制御されると考えられる。

Al 応答性のリンゴ酸放出は、 4°C で抑制された。しかし、 4°C から室温に移して直ちに、リンゴ酸の放出が認められた。これらの結果から、Al を受容してからリンゴ酸を放出するまでの過程は低温の影響を受けることが示唆された。

プロテインキナーゼに広い特異性を持つ阻害剤である K-252a やスタウロスボリンを前処理すると、Al 応答性のリンゴ酸放出が強く抑制された。一方、プロテインフォスファターゼに広い特異性を持つ阻害剤であるオカダ酸やカリクリン A の前処理では、リンゴ酸放出の抑制は小さかった。これらの結果から、Al に応答してリンゴ酸が放出される際に、タンパク質のリン酸化が必要である可能性が示唆された。

K-252a で前処理したコムギ根端は、前処理しない根端に比べ、より多くの Al を集積した。 $1 \mu\text{M}$ K-252a で前処理した根の伸長は、前処理しない場合に比べ、強く Al によって抑制された。これらの結果から、コムギの Al 耐性は、根端から放出されるリンゴ酸に強く依存すると考えられる。

コムギ根端において、48 kDa のプロテインキナーゼの活性が、Al 処理後 30 秒から 5 分にかけて一過的に高まった。このプロテインキナーゼは、ヒストン III-S およびミエリン塩基性タンパク質をリン酸化した。この Al 応答性のプロテインキナーゼの活性化は、K-252a を前処理した根端には認められなかった。これらの結果は、Al ストレスに応答して短時間で活性化されるプロテインキナーゼが存在し、このプロテインキナーゼの活性化にタンパク質のリン酸化が必要なことを示唆している。

カボチャ根導管液中に存在する不定根形成阻害物質

黒羽 剛* (筑波大学生物科学研究科)・佐藤 忍 (筑波大学生物科学系)

(*e-mail:tkuroha@sakura.cc.tsukuba.ac.jp)

導管中を流れる導管液は、根で吸収された水や無機栄養分に加え、根で合成された植物ホルモンや、アミノ酸、タンパク質、糖質などを地上部器官に輸送し、器官間の情報交換や植物個体全体の成長の調節、維持に関わっていることが示唆されてきている。我々の研究室では、容易にかつ大量に採取が可能なカボチャ根導管液を実験材料に用い、新規の生理活性物質を単離、解析することを試みている。その結果、カボチャの根から採取した導管液の80%エタノール可溶画分のブタノール層に、キュウリの不定根形成を阻害する活性があることが見いだされた。根から地上部へ流れる導管液中に不定根形成阻害活性があることは、「根がより上側における根の形成を阻害する物質を生産している」というベーサルドミナントセオリーを支持するものと考えられる。そこでこの活性物質の精製を試み、不定根形成阻害物質の候補として、新規アミノ酸であるメトキシベンジルグルタミン(MBG)を単離した。しかし、この物質は求めている不定根形成阻害物質の本体ではなく、むしろ別の生理活性を持つ物質であることが考えられた。そこで、本研究では1. MBGの植物体内における機能の調査と、2. 他に導管液中に存在すると思われる不定根形成阻害物質の本体を精製し、機能を解析することを目的として実験を行った。

1. MBGはカボチャ根導管液中に 10^{-6} M含まれ、キュウリの不定根形成を $10^{-4} \sim 10^{-3}$ Mの濃度で逆に促進させることができた。また、MBGはグルタミンの誘導体であるため、グルタミンが関わる代謝を制御するのではないかと考え、グルタミンが基質の一つであるグルタミン酸合成酵素(GOGAT)活性へのMBGの影響を調査した。キュウリ子葉の抽出物を材料に活性評価を行ったところ、2種類のGOGAT(Fd-GOGAT、NADH-GOGAT)とも、 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ MのMBG存在下でコントロールに比べて明らかな活性の変化が認められなかった。次に、グルタミンの細胞内への取り込みに対する影響を調査した。取り込み調査はキュウリ葉肉プロトプラストに¹⁴C-グルタミンを投与し、一定時間後にプロトプラスト中の放射線量を測定することにより行った。その結果、MBG 5×10^{-4} 、 5×10^{-3} Mの濃度条件では、コントロールと比較してグルタミン取り込み量の差が見られなかった。

2. カボチャ根導管液を逆相カラムを用いて分画して得られた20%アセトニトリル画分を有機溶媒により分液し、キュウリの不定根形成阻害活性のあるブタノール層を得た。これをHPLCシステムを用いて逆相、順相カラムにかけ、MBGとは異なる数個の活性ピークを得た。

以上の結果から、カボチャ根導管液中には不定根形成阻害活性物質が含まれ、それはMBGとは異なる物質であることが明らかになった。また、MBGは植物体内で不定根形成阻害活性を持たず、更にGOGAT活性及びグルタミンの細胞内への取り込みに対しても影響を与えないことが明らかになった。今後は、不定根形成阻害活性物質を精製し、その構造解析を行い、生理活性の評価を行っていく予定である。

移植および直播したキャベツの根系分布

辻 博之 (北海道農試)・増田欣也 (果樹試)

キャベツの省力的な栽培技術を確立するために、直播・一斉収穫体系の研究が行われている。この体系では生育の齊一化により商品歩留まりを上げる必要があり、作物個体毎の生育情報(投影葉面積等)に基づく局所追肥とその量の調節技術が開発されてきた。しかしながら、地上部の生育情報からは肥料養分を吸収する根系の情報を直接得ることができない。地上部の情報より根の多い位置を推測し、そこに追肥することができれば、肥効をより高められる可能性がある。そこで、本試験では移植および直播したキャベツの子葉発生方向に注目し、これと根の分布について調査した。

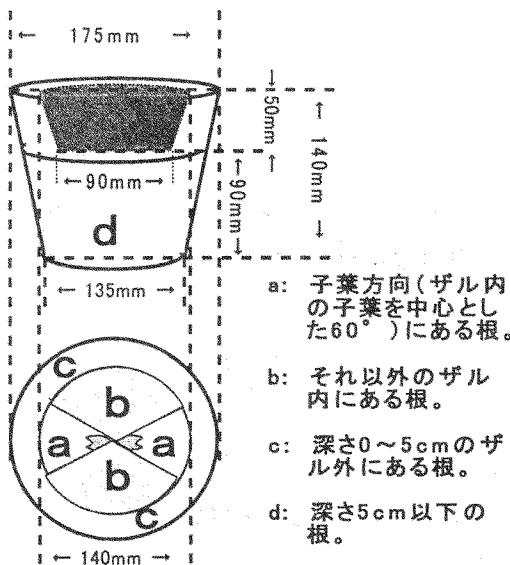
材料と方法

2300cm³容量のポット(小型のバケツを使用)を用いてキャベツ(品種:アーリーポール)を温室内で栽培した。ポットには北海道農業試験場畑作研究センター圃場より採取した乾性火山灰土を仮比重0.7程度に充填し、その中央上部には上部直径14cm、下部直径9cm、高さ5cmのザルを埋設した(第1図)。処理として直播区(ポット中央に直播)と、移植区(培養土に播種したキャベツを2葉期にポット中央に移植)を設けた。各ポットにつきN:0.12g、P₂O₅:0.20g、K₂O:0.12gをポット中央、深さ5cmに施用した。子葉の発生方向を基準として第1図に示したようにポット内の土壤を4分割(a:ザル内子葉方向、b:その他ザル内、c:ザル外0~5cm、d:5cm以下)して、4~5葉期に根長密度を測定した。また、直播区のみ結球初期にも根長密度の測定を行った。また、移植時の根系を観察した。以上の試験は6反復で行った。

結果

- 1) 移植時に観察されたキャベツ不定根は、子葉と同方向より発生していた。
- 2) 4~5葉期におけるザル内の根長密度は、直播区ではbに比べてa(子葉方向)で有意に高く、移植区では両者に有意差が認められなかった。また、c、dの根長密度は移植区に比べて直播区でやや高い傾向にあるが、有意差は認められなかった(第1表)。
- 3) 結球初期には、直播区のa、b間の根長密度に有意差が認められなくなつた(第2表)。
- 4) この他は現在データを解析中である。

以上より、直播した4~5葉期(直播体系の追肥期の1週間程度後に当たる)のキャベツでは、子葉の発生方向と同方向で根長密度が高く、直播したキャベツの子葉の発生方向は、根長密度が高い位置に局所施肥を行う場合に有用な情報になりうると考えられた。



第1図 試験に用いたバケツと根のサンプリング位置。

第1表 4~5葉期のキャベツの根長密度(cm cm⁻³)。

	直播区	移植区
全体	0.79	0.82
a	3.64a	3.02b
b	1.27c	2.54b
c	0.35d	0.24d
d	0.37d	0.15d

同一記号が付された数値間には、5%危険水準で有意差がない(TURKYの方法による)。

第2表 結球初期の根長密度(直播区)。

	根長密度(cm cm ⁻³)	根重当り根長(m mg ⁻¹)
全体	11.5	0.44
a	24.7a	0.34
b	21.4a	0.49
c	6.9b	0.53
d	6.1b	0.43

第1表と同様の方法で記述した。

チャのペーパーポット苗における定植後の初期生育と根系分布

後藤昇一(静岡県茶業試験場)

ペーパーポット苗は、土付きのまま移送、植え付けされるため、定植時の根に対する障害が少ないものと考えられる。そこで、ポット2年生苗(秋挿し2年生苗)と一般2年生苗(夏挿し2年生苗)の定植後の初期生育とあわせて根の生育について調査した。

調査方法

品種「やぶきた」を用いて、株間50cm×条間50cmにより定植した。初期生育については、定植2年目のせん枝量、定植3年目の生葉収量およびわく摘み(20×20cm、1区3×3反復)により調査した。根の分布は、うね間土壤断面の深さ10cmごとに幅50cmの枠内の細根数について1区3ヶ所づつ調査した。

結果

定植2年目のせん枝量はポット2年生苗の方が多い傾向にあった(図1)。また、定植3年目におけるポット2年生苗の一茶生葉収量は、一般2年生苗と比べてやや多く、わく摘み調査からも芽伸びが良かった。また、二番茶生葉収量も有意差は認められないが、ほぼ同様な傾向にあった(表1)。そこで、地下部における根の生育についてみると、定植1年目(定植8ヶ月後)の細根の分布では、一般2年生苗は主として深さ20~30cmまでで、表層付近に根が多くなったが、ポット2年生苗の場合は、深さ30~40cmまで確認され、やや深く分布している傾向がみられた(図2)。定植2年目では、一般2年生苗は深さ40~50cmまでで、ポット2年生苗は50~60cmまで確認され細根数も多い傾向にあった(図3)。さらに、定植3年目では、根の分布している深さは両区とも70~80cmまで確認されたが、細根数はポット2年生苗の方が多い傾向にあった(図4)。

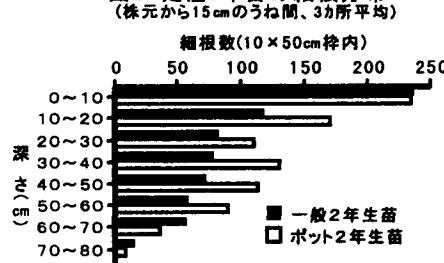
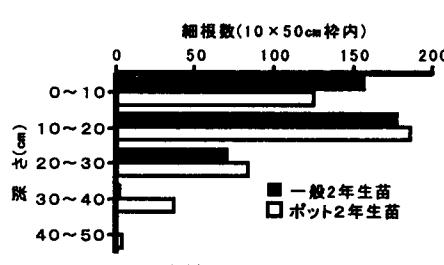
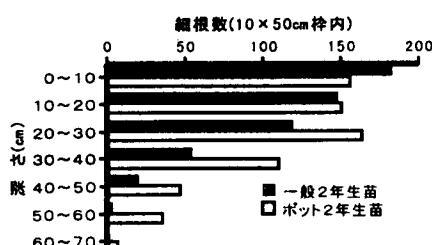
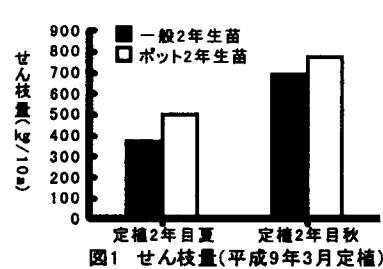
これらのことから、ポット2年生苗は、一般2年生苗と比べて初期生育が優れる傾向にあるが、地下部の細根数も多い傾向にあり、根の生育も優れる傾向にあった。一般苗の場合は、苗圃から堀取って、ほ場に定植するまでの過程で断根や管理の不手際等による根の乾きなどの障害が生じやすく活着不良株が増加するなど初期生育が劣るものと考えられる。

表1 定植3年目の生葉収量とわく摘み調査結果¹⁾

区 分	生 葉 収 量		わく摘み調査(20×20cm)					
	10a 当り kg	摘採面積 g/m ²	摘芽長 cm	摘葉枚数	摘芽数	摘芽重 g	百芽重 g	出開度 %
一番茶	一般2年生苗	157(100)	254(100)	5.9	2.6	17.1	16.4	95.7 11
	ポット2年生苗	182(116)	295(116)	7.4	3.0	17.3	20.3	117.4 17
二番茶	一般2年生苗	280(100)	378(100)	5.6	2.6	21.0	28.4	136.9 88
	ポット2年生苗	302(108)	410(108)	7.6	2.9	22.8	34.6	153.1 79
有意性		N.S.	N.S.	※※※	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

1)調査日: 一番茶5月8日、二番茶6月25日

2)※は10%、※※は5%、※※※は1%で有意差あり



水稻根系発達に対する塩化アンモニウムと硫酸アンモニウムの比較

木村和彦・奥村弥琢 (東北大学大学院・農学研究科)

〒981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町 1-1 tel:022-717-8647 fax:022-717-8649
e-mail:kimura@bios.tohoku.ac.jp

窒素肥料の副成分は水稻の生育に影響を与えることが知られている。これまでも、塩化アンモニウム(塩安)、硫酸アンモニウム(硫安)、硝酸アンモニウム(硝安)、リン酸アンモニウム(リン安)、炭酸アンモニウム(炭安)などについて肥効などの比較をする試験が行われてきた。塩安や硫安は、磷安や、炭安よりも肥効が高いことが知られている。しかし、これらの肥料についての比較は地上部生育や、収量によるものが大部分であって、根の生育と地上部の関係を比較した例はほとんど見当たらない。

そこで、私たちは塩安と硫安で水稻の生育をポット試験で調査し、水稻の根の生育が塩安区で硫安区よりも良好であることを認めたので報告する。

[材料と方法]

水稻ササニシキを供試し、3葉期まで水道水で育てた後砂質壤土(乾土で700g相当)を充填したポットにて7葉期まで栽培を行った。施肥区は、無窒素区(NO)、塩安区(AC)、硫安区(AS)、塩安硫安混合区(ACS)であり、窒素施用量は10mg-N/100g乾土である。

5、6、7葉期にサンプリングを行い、地上部乾物重、地上部N含量、全根長、根の表面積、地下部乾物重、地下部N含量などの測定を行った。また、サンプリング時には土壤溶液を吸引法にて採取し、pH、ECを直ちに測定し、その後イオンクロマトグラフィーにて各種陽イオン・陰イオンの測定を行った。

[結果と考察]

施肥区では、地上部の生育はAC区で茎数が多く、AS区乾物重がやや大きい傾向が見られた。それに対し、地下部のパラメーターでは地下部乾物重、根数、根長、根表面積、根長/根数、などの項目でAC>ACS>ASの順であった。これらの結果T/RはAC(2.59)<ACS(3.43)<AS(4.34)の順になり、AC区で地下部優先の傾向が強いことが示された。

土壤溶液は、塩安区でpHが0.2程度低くECがやや高いことが分かった。土壤溶液組成から浸透圧を計算したところ、6葉期にはAC(0.582 atm)>ACS(0.430)>AS(0.330)>NO(0.152)と、塩安区は硫安区よりも浸透圧が高いことが分かった。その大きな理由は、塩化物イオンは一価であり、二価の硫酸イオンの二倍の溶質モルが存在することである。

浸透圧は根の伸長を左右するファクターとして知られており、AC区で地下部優先の生育を示した要因は浸透圧と考えられる。

なお、繰り返した栽培試験によっては乾物重や窒素吸収量がAC区で多い場合もあり、地下部優先の生育が地上部に好影響を与える場合もあった。

Leptadenia pyrotechnica の分離根培養系の確立と高塩分・高pHストレスに対する応答

橋本 岳・切岩祥和・横田博実・大石惇(静岡大学農学部)

アラブ首長国連邦において砂漠緑化樹の1つとして用いられている *Leptadenia pyrotechnica*(現地名;マルク)は、pH8という比較的高いpH条件下で成長が促進され、特に根の伸長が有意に増加する灌木である。このような根の伸長は貧栄養条件下でみられることがあるが、リンなどの無機成分の欠乏条件下ではpH8でみられたような根の伸長はみられなかった。このことから、高いpH条件下でみられた根の伸長は、高pHによる可溶性無機成分の低下によるものではなく、高いpHに起因するものと考えられ、高pHでみられたこの現象を解明するためにマルクを用いることは有意義である。また、根圏において生じた様々なストレスに対する根の応答は、地上部からの何らかのシグナルが関与した応答と地上部が関与しない応答と考えられ、ストレスに対する応答における地上部と根の相互作用を明らかにすることは重要である。

ここでは、マルクの分離根培養系の確立を試み、その培養系で得られた分離根の高塩分・高pHストレスに対する応答について検討した。

【分離根培養系の確立】

in vitroで茎部から誘導した不定根の先端部10mmをMS液体培地に移植すると根が成長した。その後、一定期間培養し、発生した側根の先端部10mmを新しい培地に移植することにより分離根の培養を維持することができた。分離根は、3日目に伸長がみられ、9から20日目にかけて側根の発生をともない急速に成長するが、25日目には根が褐変し、成長は止まった。そして、この培養系を維持するために、移植後14から20日目の主根及び側根の先端部を新しい培地に移植すると同様の成長を繰り返した。分離根の成長は主根長と側根長の合計である総根長を指標とした。なお、培養は25°C一定の暗所に静置して行った。

【分離根の伸長と活性の関係】

分離根培養系を用いてストレスに対する応答を評価する場合、根の伸長量を指標とすることが評価の対象として適しているかどうか把握する必要がある。ここでは、 α -ナフチルアミン法により根の呼吸活性を測定し、培養系における根の伸長との関係について検討した。まず、30日目の褐変した根の活性を測定したところ、14日目の白い分離根に比べ、その活性は低かった。そして、褐変した根は新しい培地に移植しても成長しなかった。次に、分離根の成長が抑制される White 培地で処理した分離根の活性を測定したところ、MS 培地の分離根に比べ低い活性を示した。これらのことから、分離根の伸長と呼吸活性は関係があり、処理間の比較を根の伸長を指標として行うことが可能な場合もあることが示唆された。

【分離根の高塩分・高pHストレスに対する応答】

分離根のストレスに対する応答を把握するために、高塩分及び高pH条件下での成長とストレス条件下でみられた根の生理活性について検討し、実生根でみられた生理活性と比較した。

高塩分ストレスは培地に NaCl を添加することにより処理した。その結果、分離根の成長は阻害され、特に 120、180mM でその影響は顕著であった。

高pHストレスは、pH6.0 から 10.0 までのpH が異なる培地にて処理を行った。また、pH の変動を抑えるためにpH緩衝剤を添加した培地での検討も行った。その結果、分離根はpH8.0処理下の実生根でみられたような伸長成長を示さなかった。さらに、高pH条件下では鉄やリンが不溶化し、これらの欠乏も植物の成長に影響を与える。そこで、鉄およびリン欠除処理した結果、いずれの処理も根の伸長が低下した。また、鉄欠除処理した分離根の生理的応答では実生根と異なる応答がみられた。

以上のことから、ストレスに対する分離根の応答は実生根でみられた応答と必ずしも一致しなかった。このことは、根の応答に対する地上部の関与などがいくつかの要因が推察される。しかし、鉄欠除処理した分離根も実生根のような生理的応答を示したことから、分離根培養系を各種ストレスに対する応答に関する研究に利用することが可能な場合もあると考えられた。

在来実生茶園の茶樹における木化根の特徴

松尾喜義・鈴木俊司(野菜・茶葉試験場茶栽培部)
 (連絡先: 428-8501 静岡県榛原郡金谷町金谷2769 野菜茶試、
 TEL: 0542-45-4101(代)、E-mail: matuok@tea.affrc.go.jp)

現在日本に茶園は約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)である。これらの品種茶園は、第2次大戦後に在来茶園の改植と新規茶園の造成によって増加してきたもので、その背景には、挿し木増殖の品種苗が大量に供給される体制が整備されたことがある。一方、挿し木で増殖した茶苗から育成した茶園では、従来の実生繁殖による茶園と比較した場合、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いる。

従来行われている一般的な解説では、実生繁殖による茶樹は種子根に由来する太くて長大な主根を持ち、そのため根の伸長域が深くなるとされている。近年、在来種の実生繁殖茶園はほとんどなくなり、実生茶園の茶樹根系の実態を知る機会もほとんどない。本報告では、推定樹齢60年生以上の実生繁殖茶樹の木化根の特徴について調査事例を報告する。

<材料と方法>

静岡県金谷町、牧ノ原台地上の在来種実生繁殖茶園(播種年は不詳であるが、第2次世界大戦前に育成された茶園であるので少なくとも樹齢60年生以上と考えられる)の茶株を、人力による抜根器で引き抜き、主根に当たる木化根の伸長方向およびその茶株の株幅について調査した。調査茶園の土壌は赤黄色土で、深さ80cm程度までほとんど礫のない良好な土層で、牧ノ原地域の茶園としては非常に優良な土壌条件であった。

<結果と考察>

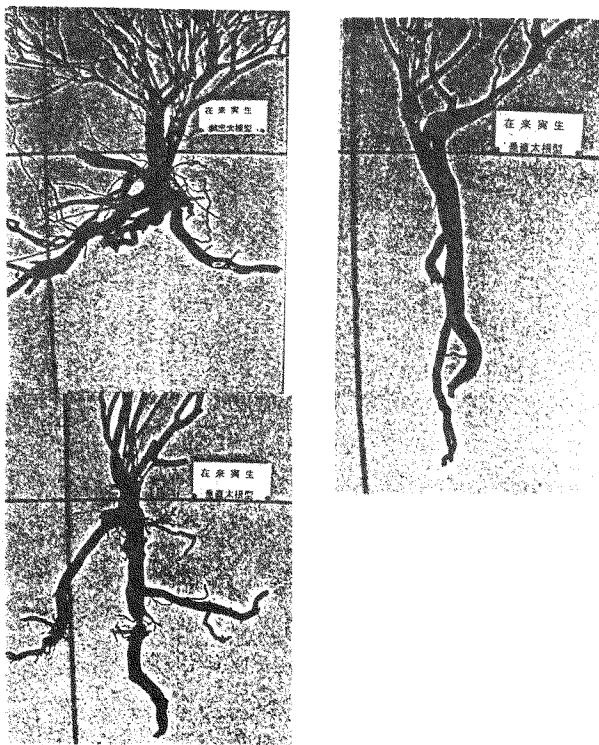
調査した215株のうち、主根が短く不明確なものは24株あった。ほぼ垂直に伸びる太い主根を持つものは77株、太い主根が斜出するものは61株、太い主根が横走するもの53株であった。茶株の幅によって株のサイズを区分(大:株幅50cm以上、中:同30~50cm、小:30cm未満)した場合、株幅の小さい株には主根が垂直に伸長するものが多かった(表)。

以上の調査から、実生繁殖による茶樹の場合でも、すべての株で垂直に伸びる太い主根を持つとは言えず、深く伸びない根系の茶樹も存在すること、株幅の小さな茶樹で垂直に伸びる主根を持つものの比率が高いことが明らかになった。実生茶樹におけるこのような根系形態の差異が、土中の石礫等による偶発的現象か、茶樹の遺伝的な変異によるものであるかなど、詳細は不明である。

表、在来実生茶樹の主根の状態別株数

株サイズ	主根の伸長方向		
	垂直	斜出	横走
大	13	19	19
中	22	29	27
小	42	13	7
全体	77 (40.3%)	61 (31.9%)	53 (27.7%)

株サイズは、大:株幅50cm以上、中:同30~50cm、小:30cm未満、で区分した。



茶樹根系調査用の動力式円筒打ち抜き装置の改良

山下正隆（九州農業試験場）
(e-mail: my898@knaes.affrc.go.jp)

作物根系の研究には根の掘り取り調査が不可欠であるが、これには多大の労力と時間を要する。これまでにも様々の省力的な根系調査用器具や方法が考案されているが、まだ調査にはかなりの手間を要しているのが現状である。そこで、演者らはこれまでに茶園の狭い隙間に搬入して茶樹の根系調査を省力的に行うことの出来る、動力式円筒打ち抜き装置を開発した。これは、エンジン部に装着した回転円筒によりほ場の土壤とともに根を掘り上げる装置である。これまで、南九州に分布する膨軟なクロボク土壤地帯の茶園では1サンプル採取に要する時間はわずか数分であり、茶樹根のサンプリングに大いに威力を發揮することが出来た。しかし、本装置はかなり直径の大きな円筒を装着するため、黒ボク土壤以外の粘性の強い土壤では、十分な回転力が得られず、根のサンプリングは困難であった。そこで、さらに汎用性を高めるため、エンジンの出力を強化し、黒ボク以外の土壤条件への適用を試みた。

旧型機の本体は市販のエンジン付き穴掘り機（排気量 24cc、全高 110cm、重量 19kg、型式：三菱 T240）を利用し、この装置の回転軸に直径 15cm のステンレス円筒を取り付けられたようにしたものであった。改良機はこの装置のエンジンを排気量 52cc のエンジンに交換した。旧型器ではエンジン部が回転軸の直上に位置し、エンジンの回転を直接駆動軸に伝えていたため、高速回転は得られるが、土壤への貫入力が弱いという欠点があった。改良機ではエンジンは回転軸の側上部に取り付け、これに合わせて駆動軸および変速機を取り付けた。これらの改良により、土壤への貫入力はかなり向上した。打ち抜き円筒の形状および取り付け方式は従来通りとした。

本体重量は約 20kg となり、1～2人の作業者で容易に運搬、操作することができた。打ち抜き円筒は簡単に着脱でき、サンプリングにあたっての装着およびサンプリング後の取り外しは容易であった。本装置では、深さ約 40cm までの土層内の根の採取を目標としたが、黒ボク土壤の畑条件下では1度に深さ 20cm 程度、粘質な赤土土壤の畑条件下では1度に 10cm 程度の深さまでサンプリングすることが出来た。深さ 40cm までの土層をサンプリングする場合には、同一地点を 2～4 段階に分けてサンプリングを繰り返す必要があった。円筒内の土柱は強く圧縮されないため、円筒内壁に沿って金属ヘラを差し入れるだけで比較的簡単に土柱を回収することが出来た。しかし、この方法では回収する際に土は細かく崩れ、土柱の形を保ったまま回収することは出来なかった。土層別に回収するには円筒上部にハンドルで回転させる専用の押し出し棒を取り付ける必要があった。

今回の改良により、本装置は黒ボク土壤だけでなく、れきの少ない他の土壤へも適用可能となった。従って、今後は茶樹だけでなく、果樹や林木等の木本類も含めて、広範な根系調査への利用が期待できる。