

第10回根研究集会

<プログラム>

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1998年10月3日(土) | 東京大学農学部(東京都文京区弥生)にて開催 |
| 09:45 開会 | 14:00-15:45 根研究会賞の授賞式と 受賞講演 |
| 09:50-12:00 口頭発表 | |
| 12:00-13:00 昼休み・ビデオ上映 | 16:00-18:00 懇親会 |
| 13:00-14:00 ポスター発表 | |

一般発表要旨

ポスター発表(発表順. *は発表者)

1. 大橋瑞江*・玉泉孝一郎・齋藤 明: スギ林の土壤呼吸に占める根の呼吸の割合
2. 坂本有加*・渡邊 慎一・岡野邦夫:
培養液の攪拌速度がトマト根の呼吸及びイオン吸収速度に与える影響
3. 中野明正*・山内 章・上原洋一: 無硫酸根緩効性肥料がトマトの吸水に与える影響
~TDR(Time Domain Reflectometry)による土壤水分連続測定の結果から~
4. 吉岡真理*・大門弘幸: ラッカセイ生育初期の窒素固定活性に及ぼす
硝酸態窒素の影響 - 根分け法による解析 -
5. 高野 守*・藤井伸治・東谷篤志・平沢 正・西谷和彦・高橋秀幸:
エンドウ根の水分屈性時における偏差生長制御
6. 平岡潔志*・梅宮善章 根画像解析ソフト WinRHIZO の測定特性

口頭発表

- A. 土肥哲哉*・尾崎保夫・尾崎秀子・梶原成美・張博 苒・坂元祐子:
植物根による水質浄化システムの開発
- B. 本間知夫*: 根の状態を生体電位計測で測る - 枯れ木の場合
- C. 松尾喜義*・松村旨訓: 茶樹の根群域の深さと一番茶生産力との関係
- D. 小川敦史*・山内 章:
トウモロコシ種子根における浸透圧調節に関わる溶質組成の経時的変化
- E. 田中佐知子*・山内 章・巽 二郎: 根域内の異なる窒素形態および存在位置に対する
トウモロコシ根系の発育反応
- F. 増田欣也*: 栽培法によるキャベツの根分布の変化 = 引き抜き法による根分布の評価 =
- G. 阿部 淳*・森田茂紀・山岸順子・鷲頭 登・近藤始彦:
陸稲根系の発達様式 - 深根性の品種間差についての考察 -

1998年度根研究会賞 受賞講演要旨

学術功労賞

根の生長におけるジベレリンと細胞壁の役割に関する研究 谷本英一(名古屋市立大学)

学術奨励賞

AE法を利用した土壤中における植物根の生育の生長の
非破壊計測システムの開発とその利用 下田代智英(鳥取大学)
薬用植物ミシマサイコの根系発育と薬効成分サイコサポニン類の消長
南 基泰(国立医薬品食品衛生研究所)

学術特別賞

根をデザインする - 乾燥地における新しい植樹法の開発 -
小島通雅(サヘルの会)・大沼洋康(国際耕種(株))・坂場光男((株)エコプラン)

口頭発表 1

スギ林の土壌呼吸に占める根の呼吸の割合

大橋瑞江・玉泉孝一郎・齋藤 明

九州大学大学院農学研究科造林学教室

812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学農学部造林学教室

はじめに

森林土壌から放出される二酸化炭素(土壌呼吸)は、主に根と土壌微生物の呼吸から構成されている。よって、森林の炭素循環系における土壌圏からの炭素の流れを把握するには、根と土壌微生物の呼吸を別々に定量する必要がある。

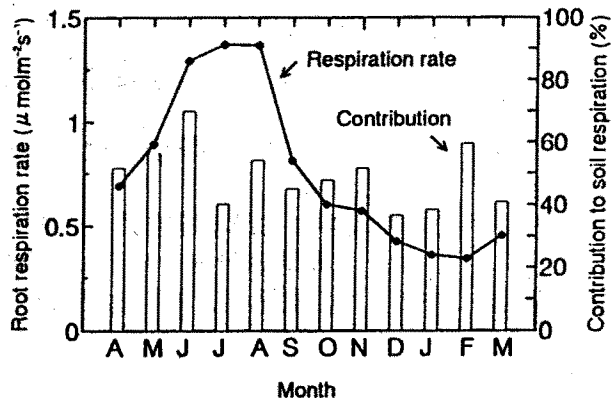
そこで本研究は、スギ林内にギャップ処理を施し、ギャップ生成後の土壌呼吸速度の変化から、土壌呼吸に占める根の呼吸速度の割合を推定した。

測定方法

測定は熊本県林業研究指導所の10年生スギ人工林で行った。1996年3月、林内に2.5m×2.5mの人工ギャップを設け、ギャップ中心をG1区、ギャップと林分との境界をギャップ側をG2区、林分側をE区とした。さらに林内に対照区としてC区を設定した。1996年3月から2年間、毎月1回各区の土壌呼吸速度を測定した。土壌呼吸の測定と同時に地表面温度をサーミスタ温度計で測定した。また、深さ10cmにおける土壌をギャップ内で3点、林分内で3点採集し、105°Cの乾燥器で48時間乾燥させて重量当たりの含水率をそれぞれ求めた。

結果と考察

1年目の土壌呼吸速度は対照区と処理区の間には差が認められなかった。しかし2年目は、G1区で土壌呼吸速度が減少し、対照区の約半分になった。一方、E区では対照区を上回る高い値が得られた。2年目のG1区における土壌呼吸の減少が主に根の呼吸の低下に由来すると仮定し、土壌呼吸に占める根の呼吸の割合を推定した。根の呼吸速度は $0.3\sim 1.4\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の範囲で夏季の増加、冬季に減少の季節変動を示した。また、土壌呼吸速度全体に占める根の呼吸の割合は40~70%で、平均値は49%であった。



Seasonal change in root respiration rate and contribution to soil respiration from April, 1997 to March, 1998.

口頭発表 2

培養液の攪拌速度がトマト根の呼吸及びイオン吸収速度に与える影響

坂本有加・渡邊慎一・岡野邦夫

(野菜・茶業試験場 TEL 0569-72-1490)

養液栽培では、培養液の流動速度は根表面への酸素及びイオンの拡散速度に影響し、結果として生育に影響を与えると考えられる。本研究では、模擬的に容器中の培養液の攪拌速度を変え、トマト根系の呼吸及び養分吸収速度を測定した。

[材料及び方法]

① 呼吸速度：湛液水耕ベッドで栽培したトマトを定植後10～15日目に採取し、O₂アップテスター (TAITEC) を用い、容器内のバッファーの攪拌速度を変えて根の呼吸速度を測定した。測定時の攪拌速度は、マルチスターラで目盛り1～4の範囲で設定した。また、測定途中にバッファー中の溶存酸素濃度を携帯用DOメータ (ガルバニ電極方式) によって計測した。

② 養水分吸収速度：気温 25℃、日長 14 時間に設定した人工気象室内で 19 日間栽培したトマトを、培養液 (大塚 A 処方 1/2 単位：EC1.2 d Sm⁻¹) を入れたトルビーカ (1 リットル) に移し、①と同様にマルチスターラで攪拌速度を変えて 46 時間放置した。培養液中のイオン濃度はプラズマ発光分光法 (ICP) によって分析し、前後の培養液減少量及び各イオン濃度より、養分吸収速度を計算した。

[結果及び考察]

① 呼吸速度：バッファーの攪拌速度が速いほど根の呼吸速度は大きくなった (図 1)。容器内のバッファー中溶存酸素濃度は、測定前の 8.1ppm から 30 分後には約 4ppm まで低下し、その後測定終了時の 10 時間後には 1～2ppm となった。また、攪拌速度が小さいほどバッファー中の溶存酸素濃度の低下は急速であった (図 2)。しかし、測定中の酸素吸収速度は一定に保たれていたことから、溶存酸素濃度の低下による呼吸の抑制は生じていなかったと考えられる。

② 養水分吸収速度：培養液の攪拌速度が速いほど根の水、カリウム、リン、カルシウムイオン吸収速度は大きくなった。培養液中の溶存酸素濃度は、測定前の 5ppm から 48 時間後には 1～4ppm となった。

以上のことから、培養液の流速が大きいほど根表面への酸素及び無機イオンの拡散が促進され、根による呼吸及び養水分吸収速度が高まるものと考えられる。

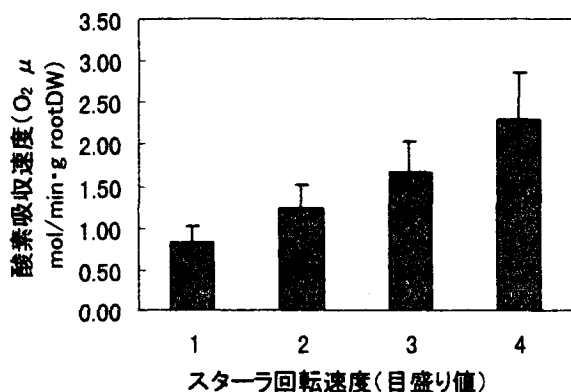


図1 スターラ回転速度と酸素吸収速度の関係

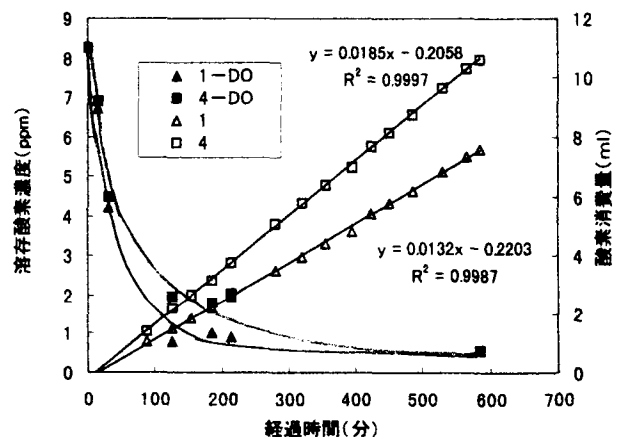


図2 O₂アップテスター測定時のスターラ回転速度とトマト根呼吸速度及び溶存酸素濃度(DO)との関係

口頭発表 3

無硫酸根緩効性肥料がトマトの吸水に与える影響

～TDR(Time Domain Reflectometry)による土壌水分連続測定の結果から～

中野明正、山内章*、上原洋一 野菜・茶業試験場 施設生産部 *名古屋大学農学部

〒470-2351 愛知県知多郡武豊町字南中根 45 農林水産省 野菜・茶業試験場 施設生産部

E-mail: anakano@nivot-pc.affrc.go.jp

<背景と目的>

現在までに、無硫酸根緩効性肥料 (non-sulfate slow releasing fertilizer: NSR) が、トマトの根系分布に CDU 系緩効性肥料と異なる影響を与えることを明らかにした。すなわち、NSR 肥料は、大量に施肥した場合でも、根の発育が維持されると共に、出液速度なども高く維持されていた。本実験では、これら 2 種類の緩効性肥料が、トマトの吸水パターンに与える影響を TDR (Time Domain Reflectometry) 土壌水分計を用いて検討した。

<方法>

実験 1 : 縦 45cm、横 30cm、厚さ 16cm の根箱に土壌の深さが 40cm になるように木曾川沖積土壌を充填した。施肥は、表層 10cm の部分に、CDU(12-12-12-4)、NSR(10-11-11-2)を窒素成分で 3g ずつ施用した。カルシウム、マグネシウムに関しては、マグカル肥料を 3g ずつ施用した。40 日齢の苗を定植すると同時に、TDR プローブを地表から深さ 5、15、25、35cm の部分に水平方向に挿入した。根箱への給水は下方から毛管水を上昇させることにより行い、落水後は無給水で実験を行った。定植直後から 30 分に 1 回の頻度で、土壌含水率および、気温、湿度、日射量を測定した。実験 2 : 実験 1 と同様の容器を用い、表層から 10cm の所に、蜜蝋に浸した寒冷紗を敷き詰めた。施肥は実験 1 と同様に、表層 10cm の部分にのみ行った。TDR プローブは、地表から深さ 5cm と 25cm の部分に挿入した。実験 1 と同様に 40 日齢のトマト苗を定植し、施肥層に関しては、2l の水を表層から与え、下層の灌水は毛管水を上昇させることにより行った。測定は、実験 1 と同様に 30 分ごとに行い、処理開始から、11 日目に光合成および蒸散速度を測定した。

<結果>

実験 1 においては、定植後 7 日までは、特に大きな変化は認められず、8 日以降に顕著な吸水が生じた。特に 25cm の部分での吸水が顕著であった。CDU と NSR を比べた場合、全体の吸水量としては、差が認められなかったが、表層から 5cm の部分では差が認められ、定植後 8~14 日目までの期間では、NSR 区が土壌含水率の 5.1%減少を示したのに対し、CDU 区では 2.1%の減少であった。また、NSR 区では夜間において下層部での吸水が顕著になり、施肥層での放水現象が認められた。これらの現象が養分吸収とどう関係しているのか、今後の検討課題である。

実験 2 で用いた実験系は、当初、根の伸長には影響を与えず、表層と下層の間の水の移動を制限することを目的としていたが、下層への根の伸長がほとんど認められず、結果的に少量土壌による隔離床栽培のようになってしまった。この条件では、吸水する場所が、表層のみに限られたため、吸水速度においても CDU と NSR では顕著な差が認められた。光合成速度は、CDU 区では NSR 区の 24%にまで低下し、蒸散速度は 12%にまで低下していた。同量施肥した場合でも、実験 1 の様に根が肥料濃度の薄い部分に伸長することが可能であれば、生長もある程度補完されるため、顕著な差としては現れないが、実験 2 の様に根がほぼ完全に、高濃度の肥料成分に曝された場合は、乾物生産の減少など、顕著な差として現れてくることが明らかになった。

口頭発表 4

ラッカセイ生育初期の窒素固定活性に及ぼす硝酸態窒素の影響

-根分け法による解析-

吉岡 真理*・大門 弘幸 (大阪府立大学農学部)

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

硝酸態窒素の施用により、マメ科作物の根粒の着生、発達、窒素固定活性が阻害されることが知られている。窒素固定活性の阻害要因として、光合成産物が吸収窒素の同化に消費されるために根粒への供給量が減少することがあげられている。この仮説は、インゲンマメやエンドウなどでは支持されているが、ダイズにおいては異なる結果も報告されており、同じマメ科作物でも硝酸態窒素に対する反応は異なる。現在までに演者らは、ラッカセイにおいて硝酸態窒素の施用により根粒着生が阻害され、窒素固定活性が抑制されることを観察している。本研究では、根分け法を用いて光合成産物の競合による窒素固定活性の阻害機構について検討した。

〈材料および方法〉 大阪府立大学農学部圃場内の網室に水耕装置を設置し、1998年6月8日に播種した実生(品種:千葉半立)を播種後4日目に子葉の下5cmのところまで主根を切除して移植した。移植後10日目までは水道水のみで生育させ、その後、Broughton & Dilworthの無窒素培地に NaNO_3 をNとして5ppmの濃度で添加し、根粒菌を1個体当たり $10^8 \sim 10^9$ 個の密度で接種した。培養液添加後10日目および25日目に各個体の根を半分に分け、片側の窒素濃度を5、50、150、300ppm Nとなるように調整し(N(+))、もう片側は5ppm(N(-))のままに生育させた。処理後5日目に当たる培養液添加後15日目および30日目にそれぞれの半分の根におけるアセチレン還元活性、根粒数、根粒重、部位別の乾物重、全窒素・全炭素含有量を測定した。一方、同様の実生を用いて、施用濃度を10および200ppm Nとした土耕栽培で根分け実験を行い、処理後30日目にサンプリングした。

〈結果および考察〉 培養液添加後15日目では、N(-)区のアセチレン還元活性には施用濃度間で差はみられなかったが、N(+)区では施用濃度の増加とともに活性が低下する傾向にあった。このことから、15日目においては、分割された両側の根において光合成産物の競合が生じないことが示された。一方、培養液添加後30日目では、15日目と同様に、N(+)区で施用濃度の増加とともに活性は著しく低下したが、N(-)区においてもやや低下することが認められた。すなわち、30日目においては、15日目に比べて窒素を同化するためにより多くの光合成産物が窒素を施用した側で利用され、窒素を施用しなかった側へ分配される光合成産物が減少したことが推測された。なお、30日目の各処理区の葉色は、15日目に比べて処理濃度の高い区ほど濃い緑色を呈していた。いずれのサンプリング時においても、茎葉部および分割した地下部の乾物重、根粒数、根粒生体重に処理区間で差異は認められなかった。また、土耕栽培におけるアセチレン還元活性は、N(-)区では差はなく、N(+)区で窒素濃度が高くなると低下し、水耕栽培の15日目の結果と同様の傾向を示した。以上のように、ラッカセイにおいては生育の初期段階では、施用した側のみの根粒の窒素固定活性に硝酸態窒素による阻害効果が認められたが、生育が進むにつれて窒素の吸収同化量の増加により、窒素を施用しなかった側の根粒の窒素固定活性までもが抑制された。この要因の一つとして、生育時期による光合成産物や吸収窒素の分配の様相の差が示唆された。現在、安定同位体を用いて光合成産物と吸収窒素の動態について検討中である。

エンドウ根の水分屈性時における偏差生長制御

Mechanism of the differential growth in hydrotropically responding pea roots

高野 守・藤井伸治・東谷篤志・平沢 正¹・西谷和彦²・高橋秀幸

東北大学遺伝生態研究センター・¹東京農工大学・²東北大学理学部

Mamoru Takano, Nobuharu Fujii, Atushi Higashitani, Tadashi Hirasawa¹, Kazuhiko

Nishitani² and Hideyuki Takahashi

Institute of Genetic Ecology, Tohoku University, Sendai 980-8577

¹Fac. Agric., Tokyo Univ. Agric. & Tech., Fuchu, Tokyo 183-0054

²Sci., Sci., Tohoku University, Sendai 980-8578

はじめに

重力屈性を欠損した突然変異体のエンドウ (*ageotropum*) の根は、湿度勾配に遭遇すると、根冠部で水分の勾配を感知して水分の多い方向へ屈曲する、すなわち、正の水分屈性を示す。この根の水分屈性の発現については、これまでの研究から、伸長帯における細胞壁の伸展性が変化することが認められている。本研究では、この水分屈性の屈曲に伴い、実際に偏差生長が起こる際に機能すると考えられるエンド型キシログルカン転移酵素の遺伝子、タンパクレベルにおける発現様式に着目した。

実験方法および結果

1. 植物細胞壁の伸長に参与する壁タンパクの一つ、エンド型キシログルカン転移酵素をコードする cDNA が、近年、数種の植物から単離された。このタンパクは細胞壁を構成するセルロースマイクロフィブリルを架橋するキシログルカンを切断、および再結合させる反応を触媒すると考えられている。このタンパクをコードする遺伝子のクローニングを目的とし、エンドウ突然変異種 *ageotropum* の根より得られた mRNA より RT-PCR 法による増幅を行った結果、約 600 塩基の目的クローンが得られた。このクローンの両末端から RACE 法により全長の塩基配列を決定した結果、推定アミノ酸配列で、すでに明らかになっているダイズ由来の EXGT と約 90% の相同性が得られたため、これを *Ps-EXGT1* と命名した。

2. 得られた *Ps-EXGT1* 遺伝子発現を解析した結果、主に伸長している組織で高く発現し、特に根においては伸長速度が大きいほどこの遺伝子の発現が増加することが明らかとなった。また、水分屈性発現時におけるこの遺伝子の発現量を経時的に解析した結果、根の偏差生長に伴ってその発現量が変化することが確認され、根の伸長制御と相関があることが示唆された。

3. この EXGT タンパクの局在を間接蛍光抗体法により、解析した結果、EXGT はタンパクレベルにおいても、根の水分屈性発現時にその発現が変動していることが確認され、根の偏差生長時における伸長にこの酵素が機能している可能性が示唆された。

根画像解析ソフトWinRHIZOの測定特性

平岡潔志・梅宮善章(農林水産省果樹試験場[kkkhhh@fruit.affrc.go.jp])

Feature of WinRHIZO for root image analysis
 Kiyoshi Hiraoka and Yoshiaki Umemiya
 (National Institute of Fruit Tree Science)

はじめに

WinRHIZOは、カナダのRegent Instruments社 (www.regent.qc.ca) によって販売されている画像解析ソフトのひとつで、1995年、根系画像解析ソフトRHIZOのWindows3.1、95、NT対応版としてArsenaultらによって発表された。当時のパソコン環境下では、処理時間において満足できるものではなかったが、ハードウェアの急速な進歩に伴い、比較的快適に解析作業を行うことができるようになった。そこで、一般的な画像処理ソフトで作成したデジタル画像データの測定を行いWinRHIZOの測定特性について検討した。

基本仕様及び操作方法

WinRHIZOはDOS/Vパソコンに単純にインストールして使用する。しかし、プリンター接続にプロセッサを取り付ける必要がある。基本的にはイメージスキャナから直接画像データを取り込むようになっているので、イメージスキャナとDOS/V機が必要である。3タイプあるうち最上位のproは、ファイルサイズ約950KBで、根径別(最大200区分)の根長を測定できるほかに(全根長についてはTennant法による値も表示)、根径別根端数の計測やフカク解析、カーブ解析も可能である。基本的な操作は、①解析項目の選択、②解析範囲指定方法の選択、③検量ファイルの作成、④画像(tiffファイル)の取り込み、⑤検量ファイルのロード、⑥解析データファイルの作成、⑦解析範囲指定、⑧データ名の登録、⑨解析、⑩データファイル(テキスト)への保存により行う。同様の条件で解析を継続する際には①～③を省略できる。

〔測定精度〕

a) 幅(根径)

300dpiの解像度で取り込んだ画像の1画素は約0.0847mmである。幅1画素のデジタル画像データをWinRHIZOは太さ0.0845~0.0850mmと識別した(誤差0.4%以内)。しかし、実際の根画像は白黒写真(256階調レベル)で取り込むため、画素に濃淡が生じる。また、デジタル化により凸凹の階段状画像となっている。100~5%レベルまで5%間隔に設定した濃さの画素を組み合わせで作成した画像データの測定から、WinRHIZOは根本体画像のレベルが高い(黒い)場合は淡色の画素を根として計測しないが、低い(灰色)場合には比較的淡色の画素も計測することがわかった。100%レベル(黒)の水平画像データを15、30、45度回転した画像は階段状になるため、WinRHIZOは部分的に1画素分太くあるいは細く評価したが、相対的に淡色の画素を計測しないと

b) 長さ(根長)

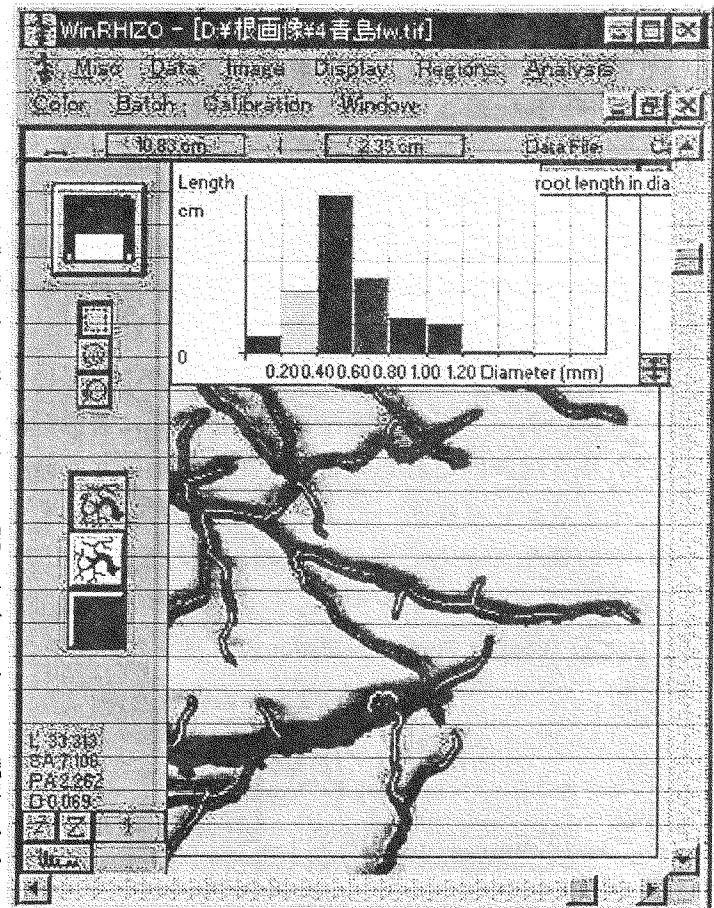
解像度300dpiで作成した幅1~10画素、長さ5~320画素のデジタル画像データの長さを計測した。幅に関係なく、長さ1cm以上では誤差は1%程度であったが、1mm以下では著しく過小評価した。長さ50画素の画像データを15、30、45度回転した画像の長さの誤差は、幅により差はあるものの水平画像より小さかった。また、実際の解析では問題にならないと考えられるが、WinRHIZOは正方形あるいはこれに近い長方形の長さを計測しなかった。

c) 表面積

表面積は平均して3%以下の誤差で計測した。1mm以下の断片は過大評価したが、このようなゴミと考えられる画像については、計測しないようにフィルタ機能が付いている。表面積は長さが計測されない場合にも表示されることから、長さとは別の方法で評価されていると考えられた。

d) 根端数

2,3画素の突起も幅1画素の根端として識別し、実際の根の測定では著しい過大評価(2,3倍)をすることがあった。特に1mm以上の太い根では表面の凸凹を太さ1画素以下の根が多数あるように評価した。



植物根による水質浄化システムの開発

土肥哲哉¹・尾崎保夫²・尾崎秀子²・梶原成美¹・張博 菁³・坂元祐子³

1.日本環境測定 2.農業研究センター 3.西原環境衛生研究所

Development of the water treatment system by plant roots

Tetsuya Doi, Yasuo Ozaki, Hideko Ozaki, Shigemi Kajiwara, H. Cyou, Yuko Sakamoto

1) Japan Environmental Measurement 2) National Agriculture Research Center

3) Nishihara Environmental Sanitation Research

1.3: 3-6-18 Shibaura Minato-ku Tokyo 108, 2: 3-1-1 Kannondai Tsukuba-shi Ibaraki 305

【はじめに】 21世紀の重要な課題に環境問題と資源の再利用が挙げられる。大気・水圏・土壌における環境破壊の防止と生態系の修復技術の開発および有限資源の大量消費社会から資源再利用型社会への変換がさまざまな分野で議論されている。その中で植物による環境修復技術(Phytoremediation)は地球にやさしいクリーンな浄化技術また、有効的な再利用技術として注目されている。本研究では Phytoremediation のうち植物根による水質浄化システムについて紹介する。

【実験システム概要】 尾崎らは図-1のような植物-ろ材系(バイオジオフィルター)水路を開発して生活排水中の窒素・リン・カリの除去能を検討している。このシステムの特徴は①排水中のN・P・Kを植物の液体厩肥として有効的に再利用できる。②従来の水処理に比べ簡便かつコストが抑えられる。③化学的水処理で利用される高分子凝集剤を使わないので環境ホルモン汚染の影響がない。④植物と水環境の調和からせせらぎ景観の提供などが挙げられる。

【根による水質浄化】 バイオジオフィルター実験では供試料植物にルートマットおよび深部までの根系発達が認められ、茎葉部の生長も良好なことから、根には表-1のような浄化作用が挙げられる。物理的には根系発達によって排水中の粒子を吸着させ排水の濁度を抑制する。化学的には排水中の窒素・リン・カリおよびミネラル成分について根が効率的に吸収し茎葉部へ栄養分を搬送する。また、生物学的には根圏微生物の活性を促進させ、微生物は高分子有機物を分解し、根は分解後の無機成分を吸収・蓄積する環境を形成していることが考えられる。

【今後の展望】 植物根系と水質汚染物質の関係についてはほとんど報告がない。そこで、汚染度によって根系形態や根の内部形態に特徴が認められるかどうか詳細に検討する必要がある。将来はこれらの特性を用いた根の水質浄化モニターとして使える可能性もある。バイオジオフィルターによって収穫した茎葉部を食品化させる資源循環型の農業確立や処理水の衛生面から、膜処理を組み合わせる0-157 やクリプトスポリジウムなどの病原性微生物によるリスクを少なくし安全な水を供給できるシステムを開発する必要がある。

Key Word : Phytoremediation, バイオジオフィルター, 植物根系, 水質浄化, 資源循環型農業

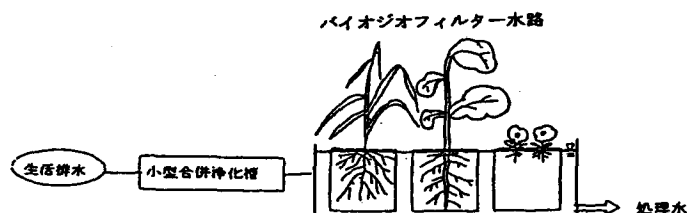


図-1 植物-ろ材系(バイオジオフィルター)水質浄化実験概要

表-1 根による水質浄化作用

物理的：濁度の抑制
 化学的：排水中のN、P、Kの吸収
 生物的：根圏微生物の活性化

根の状態を生体電位計測で探る——枯れ木の場合

本間知夫（野菜茶試）

E-mail: homma@tea.affrc.go.jp

【はじめに】

演者は生体電位計測による茶樹生体情報解析に関する一連の研究を行っているが、根を掘り取ることなく根の状態を知るための手段としての生体電位計測の可能性について検討し、これまで本研究会においても発表してきた。今回、地上部が全く枯れてしまった状態の茶樹の生体電位がどんな値を示すものか数個体を用いて調べたところ、予想に反してかなり電位値にばらつきが認められ、いわゆる正常な状態のものと同じような値を示す個体もあった。根を調べるとそのような苗では白色根が残っていた。そこで本研究では、枯れた鉢植え茶樹の生体電位と根の活性との関係について調べた結果について報告する。

【方 法】

用いた枯れ木苗は、2年生‘やぶきた’鉢植え苗で、本年5月下旬に剪定した後全て落葉してしまった。その状態で2ヶ月余り経過したものを使用した。基部より注射針を刺入し、液絡系で導管電位を測定した（図1）。電位測定後根を洗い出し、根の呼吸活性をO₂アップテスター（タイテック5B）にて測定した。

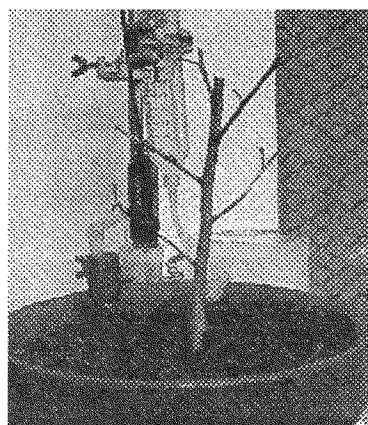


図1 枯れ木苗の電位計測

【結 果】

枯れ木における導管電位値は -40~17mVと幅広い値を示したが、そのほとんどは-10~10mV（15個体中12個体）であった。白色根は全く無い個体から全根量の約7%（根重）を占めるものまで様々であった。対照として正常な状態の苗の電位及び白色根量を調べたが、電位値は平均 -41.25mV(N=4), 白色根量は全根量の約80%であった。

電位測定後、各個体の根の呼吸活性を測定し、電位との関係を調べたところ、図2に示すように呼吸活性が低くなると電位は0に近づく傾向が認められた。

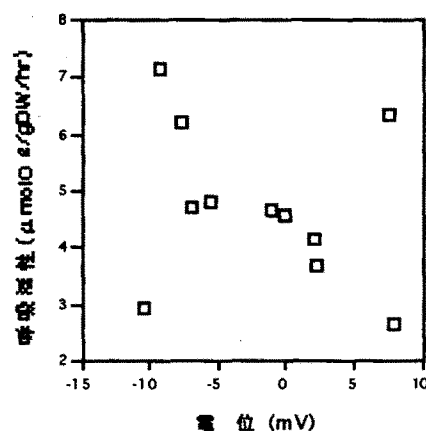


図2 電位と呼吸活性の関係

茶樹の根群域の深さと一番茶生産力との関係

松尾喜義・松村旨訓* (野菜・茶業試験場茶栽培部、*野菜茶試第38期農業技術研修生)

Relation between Depth of Rooting Area and Productivity of 1st Crop of Tea Bush
kiyoshi MATSUO and Yoshinori MATSUMURA (NIVOT)

(連絡先: 428-8501 静岡県榛原郡金谷町金谷2769 野菜茶試、0547-45-4101)

茶樹は比較的干ばつに強い作物といわれているが、1994年と95年と二年連続した夏期の異常高温と少雨によって、葉枯れや落葉・枝枯れが全国各地の茶園で多発し、干ばつ翌年の95年と96年の一番茶収穫量はかなり低下した。永年生作物である茶樹の生育・収量と根群域の深さとの関係について、静岡県中部の干ばつ被害発生地域の農家茶園において調査し、興味ある結果を得たので報告する。

<調査地域と調査方法>

①茶園の土層の深さと茶樹の干ばつ抵抗性程度との関係

静岡県菊川町内の造成地茶園の1区画(面積2ha、約450ヶ所)において、土壌貫入抵抗測定器(大起理化工業DIK5520)を用いて茶園土壌の最大貫入深度と葉層の量を遠観評価した干ばつ被害程度との関連を精査した。また、岐阜、三重、滋賀の各県でも干ばつ被害程度の異なる茶園で土壌の貫入抵抗を測定し、被害程度と土層の深さとの関連を調べた。

②茶園の土層の深さと一番茶生産力との関係

静岡県菊川町内の茶農家M氏茶園(全部で18区画、1区画おおむね10a以上、茶園は各所に分散)において、上記の土壌貫入抵抗測定器で50m²に1点測定した茶園有効土層の深度(貫入抵抗値25kg/cm²の現れる深さとした)の区画ごとの平均値と1994年から96年の3カ年の一番茶生葉の生産量との関連性を調査した。

<結果と考察>

①茶園の土層の深さと茶樹の干ばつ抵抗性程度との関係

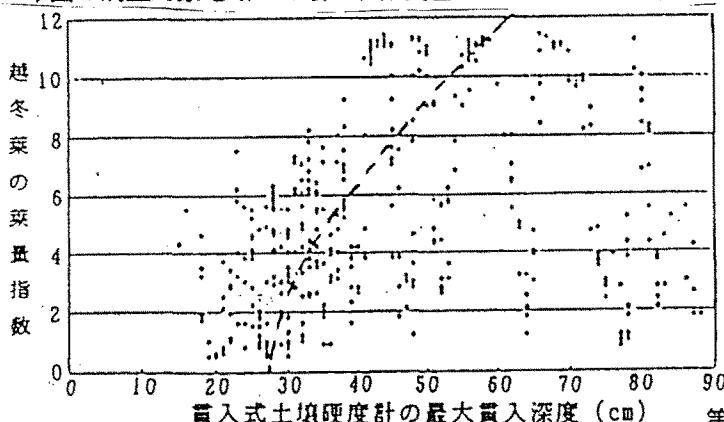
土壌貫入抵抗測定器の貫入深さが40~50cm以上あれば、葉層被害は軽微で、それに対応する根群域の深さは50~60cmと推定され、茶園の改良基準値(有効土層60cm)とほぼ一致した。岐阜、滋賀、三重の赤黄色土系茶園についても、停滞水など他に重要な因子がない場合には上記の境界値が概ね妥当と判断された。(第1図)

②茶園の土層の深さと一番茶生産力との関係

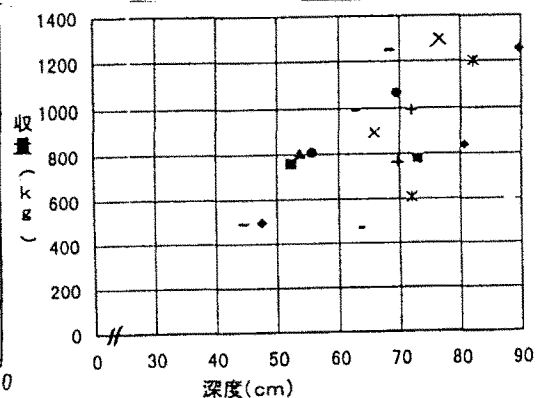
一番茶生産力と根群域の広さとの関係については、土層の深さが60cm以上になると、生産量の大きい茶園が多くなることが確認された。(第2図)

以上のことから、干ばつなどで大きな被害が発生する可能性のある場合の、茶園の根群域の深さの目安は60cm程度と見られ、従来の基準値の妥当性を再確認した。さらに、これまでは定性的な観察や総合的判断で推定されてきた茶園の土層深度と一番茶生産量との関係について、定量的な具体的調査データが得られた。

今回の調査対象地域の土壌は、赤黄色土であるので、火山灰土壌などを含めさらに検討する予定である。



第1図、茶園の土層の深さと干ばつ程度との関係



第2図、茶園の土層の深さと一番茶生産量との関係

トウモロコシ種子根における浸透圧調節に関わる溶質組成の経時的変化
小川 敦史*・山内 章 (名古屋大学農学部)

植物根における浸透圧調節機能は、葉身と異なり、水ストレス下における伸長生長の維持に重要な役割を果たしている。本研究では、従来明らかにされてこなかった、浸透圧調節の過程について、特に溶質の動態に注目して精査した。

【材料と方法】

水耕で育成した播種後 2 日齢のトウモロコシ (品種 ; ホワイトポップ (サカタのタネ)) に、ポリエチレングリコールを用いて異なる強度の浸透圧ストレス (-0.13, -0.41, -0.89MPa) を与え、種子根の伸長速度、葉身 (先端 1 cm)、種子根根端 0-6mm (伸長部位)、根端 14-20mm 部位 (成熟部位) における、含水率・水ポテンシャル・浸透ポテンシャル、この両者の差から求めた膨圧を経時的に追跡した。あわせて浸透圧調節に関わると考えられる、カリウムイオン、還元糖およびアミノ酸の濃度を測定した。また全溶質濃度とそれらの溶質の濃度の合計値の差を「その他の溶質」濃度として求めた。

【結果と考察】

浸透圧ストレス処理開始後 20 分間では、浸透ポテンシャルは、葉身では変化が認められなかったが、根ではストレス処理開始約 1 分後にはすでに急激に低下し始め、5 分後まで急激な低下は続き、その後も徐々に低下し続けた。-0.89MPa 区において、ストレス処理後 10 分間に、根端 0-6mm 部位の含水率は 96 %から 79%に低下した。これは 1 本の切断根当たり 0.92mg 水が流出したことを意味する。この時、溶質量に変化がないと仮定すると、浸透ポテンシャルは-0.70MPa に低下するはずである。しかし実際には、-0.95MPa まで低下した。この結果、浸透ポテンシャルの低下は、46%が脱水によるもの、54%が溶質の絶対量の増加によるものであることが明らかとなった。そのとき、カリウムイオン、還元糖、各アミノ酸濃度を合計した全アミノ酸濃度には大きな変化が認められなかったのに対し、「その他の溶質」濃度が急激に増加したことから、浸透ポテンシャルの変化には「その他の溶質」が大きく影響していることが示唆された。また、各部位における溶質の量的変化について検討すると、ストレスにともない葉身では、還元糖と「その他の溶質」の量が減少し、その結果全溶質量が減少したのに対して、根端 0-6mm 部位では還元糖の量は減少し、カリウムとアミノ酸の含有量はほとんど変化を示さず、「その他の溶質」の量は増加し、結果として全溶質量は増加した。

一方、ストレス処理開始後 2 時間から 24 時間での変化についてみると、浸透ポテンシャルは、葉身では、-0.89MPa 区では低下したが、その他の処理区ではほとんど変化しなかったか上昇した。根では、ストレス処理開始後 6 時間目までは徐々に低下したが、その後 24 時間目まではほぼ一定の値を示した。ストレス処理 12 時間目の時点で-0.89MPa 区における根端 0-6mm 部位について、先ほどと同様の計算をすると、浸透ポテンシャルの低下は、7%が脱水によるもの、93%が溶質の絶対量の増加によるものであった。ストレス処理後 2 時間目から 12 時間目にかけて、根端 0-6mm 部位でカリウムイオン及び還元糖濃度が上昇し (アミノ酸濃度については現在測定中)、ストレス処理初期に急激な増加を示した「その他の溶質」濃度のこの期間での変化は小さかった。従って、この期間での浸透ポテンシャルの変化にはカリウムイオンと還元糖が大きく影響していることが示唆された。また、-0.89MPa 区で 2 時間目から 12 時間目の間に根端 0-6mm 部位においてカリウムイオンの含有量は 1.7 倍に、還元糖の含有量は 2.1 倍になったのに対し、「その他の溶質 (アミノ酸も含む)」の含有量は 1.2 倍であり全溶質の増加に、カリウムイオンと還元糖が大きく関与していることが明らかとなった。

これらの結果より、浸透圧調節機能の発現過程において、ストレスを感知してからの経時的推移のパターン、言い換えると反応時間は溶質によって異なる結論した。

根域内の異なる窒素形態および存在位置に対するトウモロコシ根系の発育反応

田中佐知子*・山内 章・巽 二郎 (名古屋大学農学部)

通常、養分は土壤中に不均一に分布している。この不均一性に対し、作物の根系は可塑性を発揮し、様々な反応をする。一方、作物の根系はいくつかの種類の根から構成されており、それらは形態、構造が異なり、また土壤環境要因に対する反応性においても異なることが明らかになっている。

本研究は、根域内の養分分布および根系のヘテロ性に着目し、それらの相互作用で決定される根系構造を定量的に明らかにし、最終的には、そのような根系を形成するためのコストとその根系によって得られるベネフィットの関係に基づき、根系の理想型を明らかにする目的で着手したものである。今回はまず、硝酸態窒素とアンモニア態窒素、およびそれらの根域内の分布様式に対する根系の生長反応について調べた。

【材料と方法】直径3.1cm、長さ10cmの2本の透明のパイプに、0.5%寒天培地を充填し、厚さ2mmのワックス層を挟み、接着した。寒天培地は、蒸留水しか含まないもの、2mMKNO₃、2mM(NH₄)₂SO₄をそれぞれ含むものの3種類を作成し、第1表に示すような処理区を設けた。供試材料としてトウモロコシ(ホワイトポップ;サカタのタネ)を用いた。あらかじめ催芽した種子を培地に播き、30℃、12時間日長下で栽培した。反復は3とし、播種後10日目にサンプリングした。

第1表 処理区の種類

| 処理区名 | DW-DW | DW-NO | DW-NH | NO-NO | NO-DW | NH-NH | NH-DW |
|------|-------|------------------|---|------------------|------------------|---|---|
| 上層 | 蒸留水 | 蒸留水 | 蒸留水 | KNO ₃ | KNO ₃ | (NH ₄) ₂ SO ₄ | (NH ₄) ₂ SO ₄ |
| 下層 | 蒸留水 | KNO ₃ | (NH ₄) ₂ SO ₄ | KNO ₃ | 蒸留水 | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 蒸留水 |

【結果の概要】

①窒素形態に対する根系の生長反応

種子根の伸長については、上下層ともアンモニア態窒素を含む場合(第1表 NH-NH)には抑制された。側根については、硝酸態窒素を含む培地内では長さ・数ともに増加し、アンモニア態窒素では長さ・数(特に長さ)ともに減少する傾向を示した。

②窒素の分布様式に対する根系の生長反応

(1)上層に窒素を含まず、下層に含む場合(第1表 DW-DW, DW-NO, DW-NH) ; 下層において、種子根の伸長については、窒素の形態にかかわらず、窒素を含まない区(DW-DW)に比べ抑制された。側根については、種子根上では硝酸態窒素の存在により1次側根の伸長、2次側根の発生・伸長が促進された。また、アンモニア態窒素の存在下では、いずれの側根の発生・伸長も著しく抑制された。一方、下層に存在する硝酸態窒素は上層の1次側根の伸長を促進し、同様アンモニア態窒素は2次側根数を増加させた。以上の結果、根系全体で見ると、3処理区間で総側根長に有意な差異は見られなかった。

(2)上層に窒素を含む場合(第1表 NO-NO, NO-DW, NH-NH, NH-DW) ; 側根についてみると、上層に硝酸態窒素を含む区間(NO-NO, NO-DW)で比較すると、上層の1次側根には差がなかったが、2次側根ではNO-DW区において数が増加した。下層中の側根についてはNO-NO区はNO-DW区に比べ、長さ・数ともに減少した。上層にアンモニア態窒素を含む場合(NH-NH, NH-DW)では、上層の1次側根はNH-NH区に比べ、NH-DW区で数が減少した。下層の1次側根はNH-DW区で数が増加した。2次側根についてはNH-NH区の上層基部に少量見られたが、他の部分では見られなかった。

③地上部の生育と窒素吸収量

乾物重は硝酸態窒素が存在する場合に高い値を示したが、窒素含量および根長当たりの窒素吸収量はアンモニア態窒素が存在する場合に高かった。

現在、窒素以外の養分およびpH緩衝剤を含む培地を用いて、同様の実験を行っている。また、根系発達と養分獲得の関係を探るため、側根の発達過程を経時的に詳細に調査できる実験系を検討中である。

栽培法によるキャベツの根分布の変化 ＝引き抜き法による根分布の評価＝

増田欣也, 豊田政一, 石田茂樹, 小林朋哉 (北海道農業試験場)
(kinya@mmr.affrc.go.jp) 〒082-0071 北海道河西郡芽室町新生

筆者らは現在キャベツの直播栽培システムの研究を行っているが、直播栽培したキャベツは直根が発達し、育苗移植栽培をしたキャベツと根系の発達が異なることを観察した。本研究では、直播栽培（以下直播）キャベツとセル成型苗移植栽培（以下セル）および地床苗移植栽培（以下地床）キャベツとを比較し、根系の分布、引き抜き力を調査した結果について報告する。

【試験の条件】

北農試（芽室）圃場に、品種、は種日、気象、土壌および施肥を同一にし、育苗・移植条件だけが異なる直播、地床、セルの3つの試験区を作成した。

は種日：1996年7月4日（3区共通）気象：日射量、降水、温度は3区共通の露地条件

品種：アーリーボール 土壌：褐色火山性土

施肥：基肥＝全面全層施用、深さ10cm（N:11kg P:18kg K:9kg）

追肥＝各区の結球開始期に畦上施用（N:11kg P:3kg K:11kg）

育苗条件：直播＝スタンハイ播種機による機械直播、播種深さ2cm

地床＝育苗床に条間、株間10cmでは種し、無仮植で本葉6枚まで育苗

セル＝市販トレイ（128穴）、用土を利用し、1粒は種、本葉2枚まで育苗

移植日：地床＝8月6日 セル＝7月24日

【調査時期及び方法】

1) 地上部の生育量：1996年9月24日（全重、外葉数、結球重）

2) 根の分布：1996年9月24日（ブロック掘り取り法、一辺10cmの立方体の土の根含量）

株を中心とする幅10cm×長さ30cm×深さ30cmの土壌について調査した。

3) 根形状：1996年10月2日 引き抜き調査した株の根部分の観察調査（写真により記録）

4) 引き抜き抵抗値：1996年10月2日 収穫適期の株を鉛直方向へ静かに引き抜くときに要する力をデジタルフォースゲージ（SHIMPO FGC-20）で測定した。

引き抜き抵抗値は以下の式で求めた。

$$(\text{引き抜き抵抗値}) = (\text{引き抜き力}[\text{N}]) - (\text{キャベツ重量}[\text{地上部} + \text{根}])$$

【結果と考察】

1) 地上部の生育量 全重は、直播>地床>セルの順になった（表1）。これは、は種日、育苗時の温度、日照、水分を直播と同一条件にしたため、生育が遅れたものと考えられる。

2) 根の分布 根は地表から10cmに大部分が分布し、特に中央部が多く、その割合は直播<地床<セルであった。10cm~20cmは、直播>地床苗>セル苗となっていた（表3、4）。

3) 根の形状 引き抜いた株の根の観察調査では、直播では真下にのびるゴボウ状の直根の発達が認められ、セルでは、育苗時の根鉢から横方向にのびる側根が発達していた。地床では、移植時に切れた直根から側根が発達し、直播とセルの中間的な形状を示していた。

4) 引き抜き抵抗 引き抜き抵抗値は直播が8.7kgf、地床が6.6kgf、セルが6.1kgfであった。生育差を考慮して、16日後にセルを再調査したが、生育による伸びは認められず、6.8kgfであった（表2）。直播では直根の発達が測定値を大きくしたものと考えられる。

表1 各区の収穫期の生育量 n=30

| | 全重 (g) | 外葉数 (枚) | 結球重 (g) |
|----|-----------|------------|------------|
| 直播 | 1510 | 12.3 | 1020 |
| 地床 | 1440 | 14.8 | 850 |
| セル | 1120 | 14.0 | 540 |

表2 引き抜き抵抗値の比較 n=20

| | 引き抜き力 (kgf) | 抵抗値 (kgf) | 地上部重 (kg) | 根重(根+土) (kg) |
|-----|----------------|--------------|--------------|-----------------|
| 直播 | 12.5 | 8.7 | 2.3 | 1.4 |
| 地床 | 10.0 | 6.6 | 1.9 | 1.5 |
| セル | 9.3 | 6.1 | 1.6 | 1.6 |
| セル2 | 10.4 | 6.8 | 2.3 | 1.3 |

} 10/02調査
} 10/18調査

表3 根の分布量（乾物重） n=2

| | 直播 (mg) | | |
|---|---------|--------|-------|
| | N | C | S |
| 上 | 155.8 | 2019.5 | 142.3 |
| 中 | 56.6 | 86.3 | 54.9 |
| 下 | 23.7 | 34.7 | 24.7 |

| | 地床 (mg) | | |
|---|---------|--------|-------|
| | N | C | S |
| 上 | 151.2 | 2672.4 | 183.3 |
| 中 | 45.8 | 89.7 | 52.5 |
| 下 | 42.1 | 38.3 | 42.1 |

| | セル (mg) | | |
|---|---------|--------|-------|
| | N | C | S |
| 上 | 123.8 | 2916.3 | 108.0 |
| 中 | 30.7 | 18.3 | 25.9 |
| 下 | 33.3 | 17.9 | 29.7 |

表4 根の分布割合 n=2

| | 直播 (%) | | | |
|---|--------|------|-----|-------------|
| | N | C | S | |
| 上 | 6.0 | 77.7 | 5.5 | 上：地表~10cm |
| 中 | 2.2 | 3.3 | 2.1 | 中：10cm~20cm |
| 下 | 0.9 | 1.3 | 1.0 | 下：20cm~30cm |

| | 地床 (%) | | |
|---|--------|------|-----|
| | N | C | S |
| 上 | 4.6 | 80.6 | 5.5 |
| 中 | 1.4 | 2.7 | 1.6 |
| 下 | 1.3 | 1.2 | 1.3 |

| | セル (%) | | |
|---|--------|------|-----|
| | N | C | S |
| 上 | 3.7 | 88.3 | 3.3 |
| 中 | 0.9 | 0.6 | 0.8 |
| 下 | 1.0 | 0.5 | 0.9 |

N：うね北側
C：うね中央
S：うね南側

陸稲根系の発達様式
- 深根性の品種間差についての考察 -

阿部 淳¹・森田茂紀¹・山岸順子²・鷲頭 登²・近藤始彦³

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科(東京都文京区)

² 同上 附属農場(東京都田無市)

³ APPA Division, International Rice Research Institute (Los Baños, Philippines)

陸稲の乾燥抵抗性を高める戦略としては、近年発達している生物工学的手法により、将来、細胞や組織自体が高い耐乾性を備えた植物の作出ができる可能性もあるが、これまでに陸稲で顕著な効果を上げてきたのは、早生化により、特に乾燥に弱い出穂開花期をまだ土壤水分の残っている時期に早める回避の戦略である。これに次いで、実際の応用が期待される方策としては、根系の発達により土壤中の少ない水分を効率よく獲得し乾燥ストレスの影響を小さく抑える戦略がある。実際、1994年の干魃年には、早生以外の品種では、土壤深層の根量の多い品種ほど稔実率が高く、干魃害を避けやすいこと、茨城農試の育成した耐乾性品種は深根性であることが報告されている(平山ら, 1995)。ここでは、品種間の深根性の差異を形態的な視点から考察する。

陸稲の品種には深根性の程度に大きな変異がある(根本ら, 1998)が、それらに関わる個々の根の形態的形質としては、1)根の伸長速度、2)根の伸長期間、3)根の伸長角度の3つが考えられる。すなわち、伸長速度が大きく、鉛直下方向に近い角度で長期間伸長を持続できる品種の方ほど、土壤深層に発達する根の割合が高まると期待される。この際、根は茎内で原基が形成され始原してくることから、水稻の場合(森田ら, 1997)と同様に茎形質との関連も予想される。

塩ビ管に土壤を充填して、深根性程度の異なる陸稲4品種(陸稲農林22号、陸稲農林糯26号、戦捷、IRAT109)と水稻1品種(ウルマモチ)を播種し、播種後10日目、20日目、30日目に幼植物の種子根の長さを測定した。伸長速度は陸稲農林22号が最小でIRAT109が最大であった。ウルマモチは初期の伸長速度は大きかったが、その後低下した。こうした品種間差の傾向は、播種時の灌水量の多少によらず認められた。

1/2000aワグナーポットに土壤を充填し、上端直径22cmの半球形金網を埋め込んだものに、上記と同じ5品種のイネを栽培し、播種後約2ヶ月の個体の根の伸長角度を各根が金網を通過した位置から推定して平均伸長角度を算出したところ、陸稲4品種のなかでは、陸稲農林22号、陸稲農林糯26号、戦捷、IRAT109の順で、IRAT109が最も水平に対する角度が大きかった。水稻品種ウルマモチの水平に対する根の伸長角度はIRAT109と同程度に大きかった。ただし、圃場で同様の金網を埋めて栽培したイネでは、ポット試験の場合ほど差異が明瞭でなかった。

圃場で畑栽培した材料について壟壕法で調査した根系の分布をみると陸稲農林22号は浅く、IRAT109は深根性であった。上述の試験結果とあわせて考えると、IRAT109は、根の伸長速度が大きく、かつ、下方向に近い角度で伸びる根の割合の大きいことが、深根性に関与しているものと考えられ、一方、農林22号の根は、伸長速度が小さいことに加えて根の伸長角度が水平に近いこと、浅い根系になりやすかったと推察される。ウルマモチは、伸長角度は下方向に向いた根が多く、種子根の初期の伸長速度も大きかったが、その後の伸長速度の低下が浅根性の要因となっている可能性がある。これらについては節根も含めた伸長速度の調査が望まれる。

最も深根性のIRAT109は、出葉間隔が大きく、分けつ数が小さく、茎の太い品種である。圃場で畑栽培したイネについて、品種間で比較したところ、深根性の程度と株周長から推定した平均茎直径(森田ら, 1989)との間にはある程度の相関がみられた。また、上述のポット栽培した陸稲4品種の根の伸長角度は茎数と間に負の相関関係が認められた。

これら深根性に関わる根の形態的形質のうち、各形質がどの程度寄与しているかという定量的解析は今後の課題であり、データの追加とともに、モデリングや多変量解析の応用を検討している。

引用文献：平山ら 1995. 育雑 45(別 1):218.; 森田ら 1989. 日作紀 58:143-144.; 森田ら 1997. 日作紀 66:195-201.; Nemoto et al. 1998. Breed. Sci. 48:321-324.

根の伸長におけるジベレリンと細胞壁の役割に関する研究

谷本 英一

(名古屋市立大学・自然科学研究教育センター・生体分子科学)

Studies on the role for gibberellin and cell walls in root elongation

Eiichi Tanimoto

(Biomolecular Science, Institute of Natural Sciences, Nagoya City University)

[はじめに] 茎の伸長が植物ホルモン・ジベレリン(GA)によって制御されていることはよく知られている。矮性植物やロゼット植物の茎は短く、蔓植物の茎が長く伸長するのは内生 GA のレベルによって制御されていると考えられている。ところが、これらの植物の根の伸長は、茎の伸長とは平行関係にはなく、多くの矮性植物やロゼット植物の根はジベレリンを与えなくても正常に伸長する。さらに、外から与えた GA₃ (投与 GA₃) は、これらの植物の茎の伸長を著しく促進するが、根の伸長は促進しないことが多い。それは何故かという素朴な疑問が本研究の始まりである。そこで作業仮説の一つとして、茎と根にはジベレリン要求レベルの違いがあるのではないかということが考えられた。つまり、「根は低レベルのジベレリンで伸長し、茎の伸長には高レベルのジベレリンが必要なのではないか」という仮説である。この仮説を検証するために、GA 感受性の蔓植物・エンドウやロゼット植物・レタスなどを用いて以下の生長生理学的研究を行った。

[生長生理学的研究] Ancymidol (Anc)などの GA 合成阻害剤と GA₃との併用によって、これらの生長制御物質が次のような濃度依存性の伸長制御効果を示すことが分かった。

- 1) 根の伸長を阻害するのに必要な Anc の濃度は、茎の伸長を阻害する濃度より、10~100 倍高い。
- 2) Anc による伸長阻害は GA₃によりほぼ完全に回復するが、回復に必要な GA₃濃度は、逆に根の方が低く、茎の伸長促進に必要な濃度の 1/100~1/1000 である。

これらの結果から、「根の伸長に必要な GA 量は、茎の伸長に必要な量より少ない」、すなわち「少量の内生 GA が根の伸長に必要な GA 量を満たすので、投与 GA₃は根の伸長を促進しない。しかし、Anc の作用で GA レベルが低下すると、投与 GA₃は促進効果を示す」ということが示唆された。この仮説はロゼット植物の根が抽台の前にもよく伸長することを説明できるし、多くのジベレリン欠損矮性植物が leaky mutant で、わずかにジベレリンを作っている事実と一致する。すなわち、抽台前のロゼット植物や GA 欠損矮性植物には少量の GA があり、それによって根は正常に伸長するのではないかと考えられた。さらにこの仮説は、豪・タスマニア大の Dr. J. Reid らが研究している矮性エンドウに関する次の観察とも矛盾しない。ジベレリン欠損矮性エンドウ (GA 合成遺伝子 (GA20→GA1) の変異体) (1e) と正常体について、茎と根の伸長を比較したところ、1e のジベレリンレベルは正常体の約 1/10 であるため、茎

の伸長は著しく抑制されているが、根の長さはほとんど正常であった。しかし、*le* 遺伝子に重複異常のある *le* (d) では、ジベレリンのレベルがほぼ 1/100 に低下しているため、根の長さも短くなっている (Personal communication)。

以上の研究過程で、多数の根の生長を同時に計測・記録するために水耕式根伸長測定装置を開発した。この装置で根の伸長を連続記録したところ、GA 投与後の根の伸長誘導までのラグタイムは、Anc 前処理したレタスで約 4 時間、アラスカエンドウでは約 7 時間であることが分かった。このことから GA による根の伸長促進は、オーキシンの茎伸長促進のような、すでにある細胞の伸長ではなく新しく生じる細胞の伸長促進を通じて発現することが示唆された。また、このタイムラグは、既に明らかになっている細胞壁微小管とセルロース微小繊維の配向制御を介した生長制御機構とも時間的には矛盾しない。

これらの生長生理学的研究から、GA によって根の伸長を制御できることが分かったので、この制御系をつかって、ジベレリンが細胞形態や細胞伸長を制御する最終段階として重要であると考えられる細胞壁の物理的・化学的性質の解析を行った。

〔細胞壁の伸展性解析〕 細胞壁の伸展性は植物細胞の生長速度を規定する重要な性質である。根の細胞壁の伸展性に対する GA_3 の作用は明らかではない。根の細胞壁の伸展性を計測するためにクリープ法によって GA の効果を計測したところ、GA は根の細胞壁の粘弾性を変化させ伸展性を増大させることが分かった。そして、この粘弾性の変化とオーキシン誘導伸長や酸誘導伸長における粘弾性の変化との相違点を対比する研究が現在進行中である。

〔細胞壁の生化学分析〕 細胞壁の伸展性変化は、細胞壁の生化学的变化に大きく依存すると考えられる。そこで、GA が根の細胞壁の化学組成にどのような変化を与えているかを調査した。その結果、ペクチンとヘミセルロースの分子量分布が GA_3 により大きくなることが分かった。これらの結果と前項の細胞壁の伸展性増大との関係はまだ不明で、今後の課題であるが、 GA_3 によって新しいマトリックス多糖の合成と供給が促進され、その結果、分子量分布が大きく保たれていて、その状態が細胞壁の伸展性を高く維持する原因である可能性が示唆された。この知見は、オーキシン誘導伸長ではマトリックス多糖の分子量が低下して粘性が低下するという知見と一致しない。両者の相違点の解明は今後の課題である。

〔謝辞〕 本研究では、多くの方々のお世話になりました。とりわけ、次の先生方には直接ご指導ご助言を頂きました。記して厚くお礼を申し上げます。増田芳雄先生 (大阪市立大名誉教授)、勝見允行先生 (国際基督教大)、猪狩盛夫先生 (名古屋市立大名誉教授)、Dr. Paul E. Pilet (Univ. Lausanne 名誉教授)、Dr. D. J. Nevins (U.C. Davis)、Dr. D. J. Huber (Univ. Florida)、神阪盛一郎先生・保尊隆享先生 (大阪市立大)、山本良一先生 (帝塚山短大)、桜井直樹先生 (広島大)、西谷和彦先生 (東北大)。

A E法を利用した土壌中における植物根の生育の

非破壊計測システムの開発とその利用

下田代智英（鳥取大学乾燥地研究センター）

植物の養水分吸収などに関する研究において、土壌中に生育する根系の生育や空間的分布を把握することは重要であり、これを非破壊的かつ経時的に計測する方法の確立が望まれている。これまでに開発されたこの種の計測法は、ライゾトロン、ミニライゾトロン、透明度の高い水耕・ミスト・寒天の各培地、中性子ラジオグラフィ、NMRなどを用いた観察法がある。しかしながら、ライゾトロンやミニライゾトロンではガラス板などの観察面への根系の接触がその生長に影響を与えること、水耕・寒天など各培地を用いた方法ではそこに生育する根が土壌中のものとは異なること、中性子ラジオグラフィやNMRなどによる方法では解像度が低いことや測定対象の大きさが制限されること、といった問題がある。したがって現時点では、土壌中に生育する同一個体の根の生育を、自然に近い状態で非破壊的に測定することは難しいといえる。

ところで、固体が崩壊または変形する際、エネルギーが音響パルスとして放出される。これはAcoustic Emission (A E) と呼ばれ、金属、コンクリート、木材などの変形や破壊を非破壊検査するのに用いられている (A E法)。植物の研究にA E法を利用した例としては、茎内のキャビテーション (cavitation: 減圧により導管内に気泡が生じる現象) によって引き起こされる音響パルスを、A EセンサーによりA Eカウント (あらかじめ設定した振幅のしきい値を超えて感知された音響パルスの数) として測定し、これを植物の水分ストレス程度の指標とした報告 (Tyree and Sperry 1989, van Doorn and Jone 1994 など) や、グラジオラスの球根の発芽を、その際発生するA Eカウントを介してモニタリングした報告がある (奥島・奈良 1990)。また、植物の根が土壌中を伸長する際にも、根の周囲の土壌粒子が互いに衝突して音響パルスが発生することから、カボチャの根の伸長をA Eカウントにより計測した報告がある (奥島ら 1996)。しかし、この研究では、根の伸長にともなってA Eカウントが増加することは確認されているが、根量や根の伸長速度など、定量的なデータは得られていない。

そこで私達は、このA Eカウントに着目し、土壌中の根の生長を経時的かつ非破壊的に計測する方法の開発を試みてきた。そしてこれまでに、一本の根の空間的な根端位置について、また、垂直土壌断面上の根数分布について非破壊的かつ経時的に計測する方法の基礎を築くことができた。

一本の根の根端位置の空間的計測について

側面をガラスとステンレスで製作した根箱 (縦 100mm, 横 200mm, 幅 5mm) を測定容器とし、ステンレス面には 15mm 間隔でA Eセンサーを鉛直方向に取り付けた。これにトウモロコシを生育させ、ガラス面から観察しながら種子根の伸長に伴うA Eカウントを経時的に記録した。その結果、A Eカ

ウントは、根の伸長にともなって上部に取り付けたAEセンサーから順に増加した。しかし、AEカウントは根端の位置だけでなく、根の伸長速度のほか、土壌密度や土壌含水率など、培地の特性によって変化したため、高精度で根端位置を推定することができなかった。AEカウントの代わりに相対AEカウントを用いると、相対AEカウントは先に述べた要因の影響をほとんど受けず、AEセンサーの感知面の中心から根端までの距離と相対AEカウントとの間に有意な直線関係が認められた。したがって、両者の間に成立する直線関係の回帰式に相対AEカウントを代入すると、センサーの感知面の中心から根端までの距離が求められる。これを空間座標のX、Y、Zの3軸全てについて行なえば、3次元的な根端位置が推定できることになる。そこで実際に、縦15mm、横15mm、高さ200mmの大きさのステンレス製容器にAEセンサーを取り付け、トウモロコシの種子根の根端位置を空間的に計測した。AEカウントから推定された根端の軌跡を経時的に描いたところ、それは実際の種子根の形状とほぼ一致し、この方法の有効性が確認できた。さらに、経時的な根端の軌跡から根の伸長速度や伸長方向の変化を定量的に把握することもできた。すなわち、根の伸長速度は0.5 mm/hから4.0 mm/hまでの範囲で変化し、計測中にいくつかのピークを示した。また、伸長方向は鉛直方向に対して0°から60°の範囲で絶えず変動しており、根端が回旋運動していることも定量的に把握できた。

根系全体を対象とした垂直土壌断面上の根数分布について

縦、横、高さ、各50 cmの根箱の中に一辺40 cmの正方形のメッシュを挿入し、トウモロコシを植え付けた。この正方形メッシュは一辺10 cmの正方形のグリッド16個から成り、各グリッドの中央には導体を取り付けたAEセンサーを配置した。配置したAEセンサーによって経時的にAEカウント数を記録した後、AEセンサーを配置した正方形メッシュとそれに付着する土壌断面を掘り出し、AEセンサーに接触している根数とグリッド内を通過している根数を調査した。その結果、各導体に接触した節根数とAEカウントのピーク数は良い一致を示し、導体に接触している節根数をAEカウントから計測できることが明らかになった。また、導体に接触した節根数は、グリッド内を通過した節根数と有意な直線関係を示した。したがって、これら二つの関係からグリッド内の節根数を推定できることが明らかとなった。実際に、AEカウントから求めた根数の分布と計測後掘り出して調べた根数の分布はほぼ一致し、この計測法の有効性が確認された。また、トウモロコシ節根が土壌断面上の各グリッドに到達した時期を特定することができた。

以上、AEカウントに着目した本研究により、土壌中に生育する一本の根の伸長および根系の分布を、より自然に近い状態で、非破壊的かつ経時的に計測できる新たな方法が確立された。しかし現在のところ、AE法を利用して計測できるのは、砂質土壌中において生育させたトウモロコシの種子根や節根のような比較的太い根に限定される。細い根や側根を対象とした場合や、粘土・シルトを多く含む土壌を用いた場合などは測定精度が低下する。今後これらの点について改良を加える予定である。

学術奨励賞

薬用植物ミシマサイコの根系発育と薬効成分サイコサポニン類の消長
南 基泰 (国立医薬品食品衛生研究所 筑波薬用植物栽培試験場)
305-0843 つくば市八幡台1, E-mail: minami@nihs.go.jp

ミシマサイコ(*Bupleurum falcatum*)は、セリ科ミシマサイコ属の多年生草本で、生薬柴胡(サイコ)の基原植物である。使用部位は、根で、主要薬効成分であるサイコサポニン類が含まれている。柴胡は、使用頻度の高い重要生薬で、市場においては木化の少ない、しなやかな根が良品とされてきた。本種は、本州の茨城県以南の太平洋側地域から四国・中国・九州に自生し、古くから野生植物が採集されてきたが、乱獲や自生環境の悪化によって絶滅が危惧されている。現在、茨城、静岡、奈良、高知などで栽培が行なわれているが、農家の経験的慣行法に依存する部分が大きいため、均一な品質の生薬を安定供給するのがむずかしい。このような背景から、柴胡の生薬としての品質を直接規定する要因となる種子根の伸長・肥大、しなやかさを左右する木部のリグニン化、サイコサポニン類の含有率の消長の3つの現象を明らかにすることを目標とした。その際、それらの現象のみを捉えていくのではなく、個体全体の生育の中で、他の器官、組織及び生理現象との同調性、相互関係についても捉えていった。さらに、それまでの研究のように根系を量的に一括してしまうのではなく、根系を種子根及び側根に分け、種子根については各内部組織ごとに、それらの生育及びサイコサポニン類の局在性について定量的に調査した。

その結果、栄養成長期のロゼット株では、種子根、側根の生育は、共に地上部の生育と極めて密接にリンクし、それぞれがほぼ一定の乾物分配率を保ちながら生育した。この間、種子根中での木部のリグニン化はほとんど観察されず、種子根中のサイコサポニン類の含有率は全生育期間中で最も高いことを見出した。抽だいが始まり、生殖成長期への移行に伴い、それまでの均衡が破られ、地上部の生育が根系に比べて顕著に旺盛となった。側根は生殖成長期へ移行後も増加し続けるものの、種子根は開花が始まる頃には、伸長及び肥大共に停止した。そして、抽だいの開始と共に種子根の木部組織でリグニン化が始まり、開花・結実期には形成層より内側のほとんどの組織でリグニン化が認められた。一方、種子根中のサイコサポニン類の含有率は、栄養成長期から生殖成長期への移行に伴って急激に減少し、開花期以降はほぼ一定となった。これまでの研究報告では、このような種子根中のサイコサポニン類の含有率のエージングに伴う減少は、サイコサポニン類の含有が少ない木部組織の占める割合が高まるためと解釈されてきた。そこで、種子根中での組織局在性を時系列的に調査した結果、いずれの組織でも認められ、特に形成層よりも外側のコルク層、皮層部における含有率の著しい低下が原因であることが判明した。

本研究は、近畿大学大学院在学中に行われたもので、ご指導を賜りました農学部植物生理学研究室の杉野守教授、芦田馨講師に深謝いたします。なお、本研究を行うにあたり、ご指導、ご鞭撻を賜りました近畿大学薬用植物園尾垣光治主任技術員、有限会社シグマ研究所四方恒生代表取締役役に心より感謝いたします。また、受賞にあたりご推薦、ご審査を賜りました先生方及び根研究会関係者各位に深く感謝いたします。

学術特別賞

「根をデザインする - 乾燥地における新しい植樹法の開発」

小島通雅（サヘルの会）大沼洋康（国際耕種株式会社）坂場光雄（株式会社エコプラン）

TEL:0427-25-6250

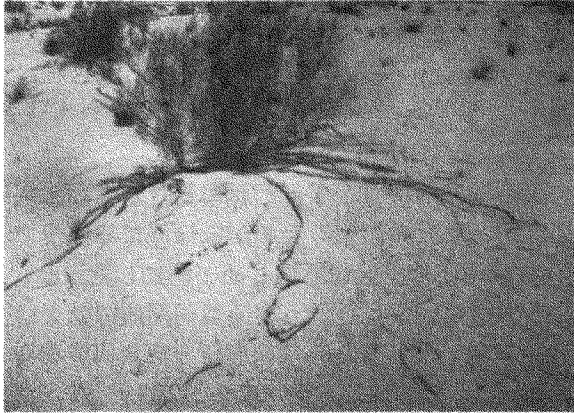
乾燥地に見られる樹木は、枝葉・幹等の地上部における種々な適応と同時に、地下の根もその水分環境や季節的変動を反映し、我々が考えるのとはだいぶ違った特殊な根系を形成して、厳しい環境に耐え生育生存を続けている。我々が沙漠で、例えば植林を始めようとする時、どうアプローチするか。目的とか用途を考え、その環境に合った耐乾性のある樹種を選ぶ。ここ迄は誰でもすることだ。しかし、苗を育て、植え付け、保育する中では、植物を環境に合うよう育てるよりも、植物にとって好ましいと思われる条件を整え、その中で育てていこうとする意識が強い。

短期間で収穫迄を完了し、根系の範囲も限られた農作物ならいざ知らず、樹木の生育期間は長く、根の広がる範囲も非常に大きい。周囲の自然と切り離された人工的環境の中で最後迄面倒をみることは、特殊な場合を除いて、経済的にも技術的にも大変だ。遅かれ早かれ自然の中で生きる状態へ移行する。「乾燥地における新しい植樹法の開発」では、この自然状態への移行を目標としてハッキリと認識し、これから生育生存していく自然環境に合わせた根系を作り上げ、灌水等の人工的補助を離れた、より早い段階での自立化を積極的に目指す。

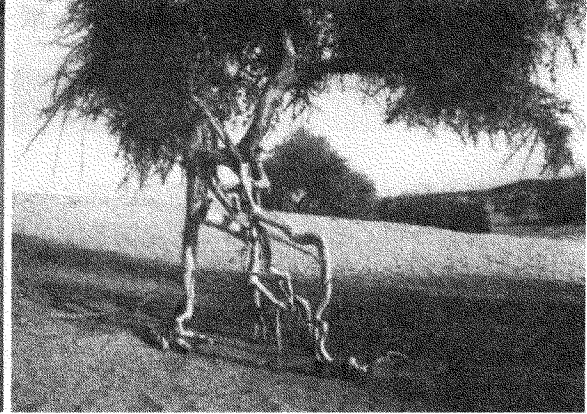
根の形態や機能は、或程度遺伝子のレベルで決まっているのだろうが、その置かれ、育っている環境で大きく変わる。育苗、植え付けに当たって慣行的に採られている方式は、地上部に比べ、根の生育ポテンシャルが非常に高い乾燥地の樹種に対しては、決してピタリのものではない。育苗時の工夫で根の形、大きさは比較的自由に出来る。苗の段階で根系を植え付け場所の自然条件に合ったものとしておけば、それですむように思われるかも知れない。しかし、そうした複雑な根系のものを傷つけずに植え付けるのは不可能に近い。或程度の大きさ、形の根で植え付けることとなるが、その時植え付け後すぐに根が自然条件に合った根系へと容易に展開出来るよう、植え付け場所が改良・準備されていることが望ましい。

どのような改良準備をすれば良いか、根の視点に立ち戻って考えてみるのが一番良さそうだ。根は広範な地下空間に広がるが、実際にはマイクロな環境で働いており、つながった細い糸状の空間としてこれを使っている。また、根は多くの微生物と共生的に働き、樹木の生きるタイムスパンで見れば、種々な物質の分解、合成の循環的サイクルの中で働いている。そして、根が使っているこれらの地下空間の性質を全体として継続的に保証しているのは、その多様な、不均一な構造といえようか。

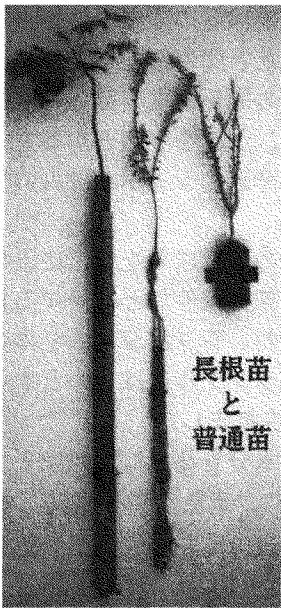
複雑な根系の苗を植える、根系の展開に望まれる改良・準備をほどこす、それには手間ひまが掛かる。それを少しでも軽減、実用化出来るかどうかは、その際使用する道具、手順次第である。苗の根の形、大きさと植え付けの手順、道具とはセットとして考える必要がある。利用する道具として、従来植え付け、保育に使われている道具に頼るだけでなく、種々な工夫が必要であるが、この事に、新しく専門的な機械を開発することは必要もないし、望ましいことでもない。身の回りには、種々便利な家庭用品、一般工業製品があふれている。それらを転用し、組み合わせ、一寸の工夫をつけ加えることで十分である。



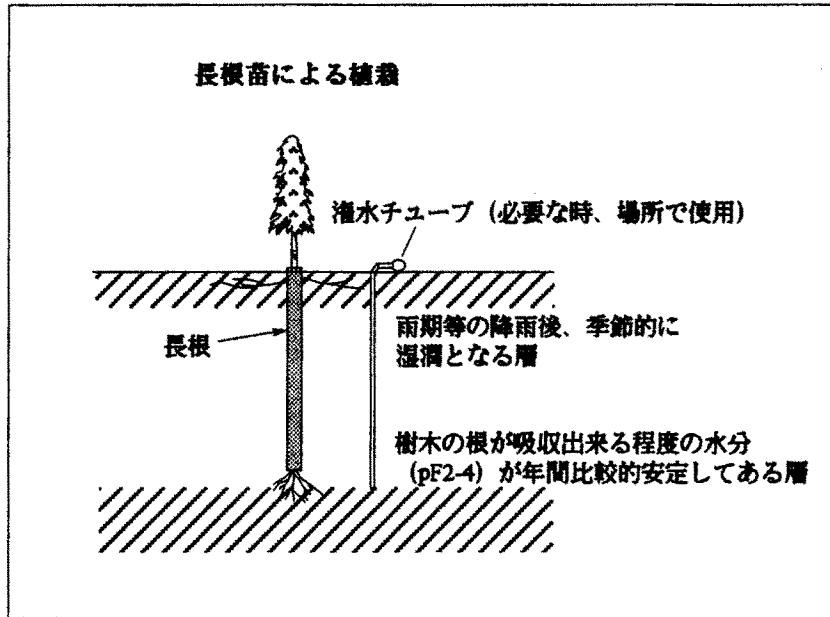
水平方向に広く張った根



垂直方向に深く伸びた直根



長根苗と普通苗



アラブ首長国連邦での実演

