

第16回根研究集會要旨集

2002年6月8日(土)

日本女子大学・百年館・502・503・504会議室

口頭発表

「湿気中根および水中根からなるトマトの果実収量および根系について」

中野有加・渡邊慎一・高市益行・巽二郎

「天水田イネの耐旱性における根系の役割」

関谷香澄・Len J. Wade・Joel D.L. Siopongco・山内 章

「衰退著しいシダレザクラの断根処理による樹勢回復」

多賀正明・後藤宏充

「根冠による土壌の摩擦抵抗の減少効果：粘液と境界細胞の貢献度」

飯嶋盛雄・樋口俊文・Peter Barlow・A. Glyn Bengough

「シロイヌナズナ根端優勢喪失突然変異体の解析」

黒羽 剛・岡田清孝・佐藤 忍

「ミクロ繁殖によるブドウの発根に及ぼすオーキシンの影響」

河合義隆・坂部雄基・平塚 伸

「メタン発酵液を利用した有機養液土耕がメロンの生産性と $\delta^{15}N$ 値に与える影響」

中野明正・上原洋一

「深根性マメ作物によるトウモロコシへの地下水供給現象-水素安定同位体自然存在比の解析から-」

関谷 信人・矢野勝也

「養液土耕栽培における負圧浸入計を利用した土壌透水性の測定」

斎藤龍司・大石正行・真下尚人・中野明正・山田和義

「仕切り板、及び流量コントロールによる Growth tube 内の酸素濃度制御の試み」

仁木輝緒・高橋三男

「キュウリ根導管液タンパク質 XSP30 のシベレリンと光周期による遺伝子発現制御とレクチン活性」

小田 篤・作田千代子・増田 進・佐藤 忍

ポスター発表

「施肥位置と肥料形態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・宮地直道・木村 武・木嶋伸行・村上弘治・山本克巳

「省耕起畑におけるてんさい、キャベツの根系と生育」

辻 博之・小島誠

「根域制限栽培ブドウの根系画像解析-栽培方式の違いが根系パラメーターおよび地上部の生育に及ぼす影響」

金原啓一・梅宮善章・中村ゆり・岸祐子

「東北タイ・天水田の根圏の水分動態」

鈴木研二

「挿し木後3年目の幼茶樹における根群分布形態の品種間差異」

池田奈実子・東 拓朗・松尾喜義・阿南豊正・吉峯哲史

「根圏土壌からの非交換態カリウム放出機構の検討」

森塚直樹・矢内純太・小崎隆

「FISH法を用いた根圏微生物解析(2)」

土肥哲哉・張博草・阿部淳・森田茂紀

「緑肥マメ科植物・共生根粒菌による難溶性リンの回収(予報)」

信田和恵・大門弘幸・大江真道・原田二郎

「リン吸収における植物種間比較-異なるリン酸源に対する応答-」

高相和佳・矢野勝也・加藤靖子

「*Sesbania rostrata*における茎粒と根粒への光合成産物の分配と窒素固定」

芝 宏子・大門弘幸・大江真道・原田二郎

「異なる塩分濃度の灌水がポット栽培したメロンの出液速度と出液成分におよぼす影響」

豊田正範・森田茂紀

「登熟期における出液速度の推移からみた多収性穂重型水稻品種の特性」

阿部 淳・森田茂紀

「二次元クリノスタットによる重力ベクトル平均化が根の二次壁の発達および形態に与える影響」

田中賢志・植竹裕三・唐原一郎

「エンドウ茎のカスパリー線の発達に対するジベレリンの影響」

藤林茂隆・大江慎一郎・唐原一郎

「キュウリ切断胚軸の組織癒合に関与する根導管液因子の探索」

朝比奈雅志・岩井宏暁・鎌田博・佐藤忍

「カボチャ根導管液に含まれるアミノ酸の変動」

清水真都香・小田 篤・佐藤 忍

2001年度研究会賞受賞講演

学術功労賞 「根系の形態と機能に基づくチャの耐干性機構の解明」

松尾喜義

学術奨励賞 「イネのアンモニウムトランスポーターの機能解析」

池田 亮・園田 裕・齋木里文・山口淳二

「突然変異体を利用したイネの根茎形成機構の研究」

犬飼義明

「キュウリ根の産生する導管液タンパク質に関する研究」

作田千代子

学術特別賞 「パーソナルコンピュータを利用した画像解析による根量把握」

木村和彦

湿気中根および水中根からなるトマトの果実収量および根系について

中野有加¹・渡邊慎一¹・高市益行¹・巽二郎² (¹野菜茶業研究所, ²名古屋大学大学院)TEL: 0569-72-1490, FAX: 0569-73-4744, E-mail: yuka88@affrc.go.jp

養液栽培には培地の種類, 培養液や酸素の供給方法などによって多くの方式があり, その結果, 根の量や形態などが変化する. 筆者らはこれまでに, トマトの湿気中根と水中根が温度適応性や養分吸収能において差異があることを示した. 前報では, 酸素条件に着目して根系形態を解析した結果, 酸素条件および水中と湿気中の違いは側根の発生や伸長に影響するが, 地上部生長の良否は総根長や根の表面積によっては説明できなかった. そこで本実験では, 前報と同様に根域の酸素条件を変えて水中および湿気中でトマトを栽培し, 生育および果実収量と根系, 特に根毛発生と内部形態について調査した.

【材料および方法】

トマト '桃太郎' の 3 葉期苗を, 養液栽培装置 (360×120×7 cm) に 29.6 株 m² の密度で定植した. 養液栽培装置は, 水中根無通気区, 水中根通気区, および湿気中根区の 3 方式とした. 定植後の培養液管理は, 1/2 濃度の大塚 A 処方養液 (EC 1.2 dS m⁻¹) を用いて行い, 全処理区ともに水中ポンプを 15 分あたり 2 分間運転し培養液を循環させた. 実験 1 (6 月 22 日定植) で根毛と内部形態の観察を, 実験 2 (9 月 14 日定植) で根のリグニン生成の観察および一段果房の収量調査を行った. リグニンは, phloroglucinol-HCl 試薬により染色し検出した. 開花期に, 携帯用光合成蒸散測定装置 (LICA 社, LI6400) で最上位葉の圃場光合成速度を, 簡易積算日射計フィルム (大成化工, オイルレッド 0) で各葉位の 7 日間の積算受光量を計測した. 収量調査は, 成熟果実全てについて糖度, 果実のビタミン C 含量, 無機成分含量を測定した.

【結果および考察】

培養液中の溶存酸素濃度は, 無通気区で 3.6~5.3ppm, 通気区で 7.1~8.1ppm で推移した. 収穫終了時の地上部の乾物重は, 通気区, 湿気中根区, 無通気区の順に大きかった. 地上部と根の乾物重比 (S/R 比) は, 無通気区で 4.5, 通気区で 4.3 と大きく, 湿気中根区では 3.5 とやや小さかった. 開花期の最上位葉の光合成速度は, 無通気区で他の 2 区よりも小さかった. 一方, 全葉の平均受光量は, 無通気区で温室内日射量の約 50% と大きく, 通気区と湿気中根区では 34% および 39% と小さかった.

湿気中根区は無通気区と通気区よりも根毛数が多かった. 一次側根軸の直径, 皮層細胞層の厚さ, 原生木部導管および中心柱の直径は, いずれも湿気中根区で通気区および無通気区よりも大きかった. 無通気区では, 根端から 10cm の部位の中心柱に破生細胞間隙が観察された. 一方湿気中根区では, 他の区よりも外皮へのリグニン沈着が著しかった.

果実収量は通気区および湿気中根区で多く, 無通気区ではそれらの 6 割程度と少なかった. さらに無通気区では尻ぐされ果が約 30% と多かった. 一方, 糖度およびビタミン C 含量は, 無通気区で他の 2 区よりも高かった. また, 湿気中根区では両水中根区に比べて K, Mg および Ca 含量が高かった.

以上の結果から, 湿気中根における S/R 比の低下, 根毛数の増加および内部形態の変化は, 少ない養水分供給によるものと推察された. それらの適応的応答の結果として, 地上部の成長量は水中根からなる植物体に劣るものの, 同等の果実収量を得ることができたと考えられる. 一方, 無通気の水の中根でみられた細胞間隙は, 根域の嫌気状態に対する応答と考えられる. しかし, 無通気区での低い成長量と光合成速度の低下, 尻ぐされ果の多発などは, 養水分吸収能を始めとする諸生理機能の低下を示唆している.

天水田イネの耐旱性における根系の役割

関谷 香澄¹・Len J. Wade²・Joel D.L.C. Siopongco²・山内 章¹¹名古屋大学大学院生命農学研究科, ²国際イネ研究所

本研究は天水田イネが具備すべき根の形質をとくに硬盤層への貫通能力, 資源獲得能力, ルートシグナルに注目し, 明らかにすることを目的とした。天水田で乾燥が進行するとき, 硬盤層より下の通常湿潤である土壌に根系が発達していれば, 上層が乾燥しても下層の根による吸水によって生長は維持可能であると考えられる。しかし, コムギなどの畑作物で存在が明らかにされている, 根が初期の土壌乾燥を感知して気孔の閉鎖を誘引する信号(ルートシグナル)がイネにも存在するならば, 上層の乾燥土壌に存在する多量の根がルートシグナルを生産して気孔を閉鎖し, 根が下層の湿潤土壌に達していても十分な吸水ができないことも考えられる。

そこで, まずイネのルートシグナルの存在とその生育に及ぼす影響を確かめるために, ガラス室内でポット実験を行った。IR62266, CT9993と, これら2系統から得られた倍加半数体系系統(DHL)のうちのひとつであるIR68586-F2-51を供試した。ポット内の土壌を二つの領域に分割し, 一方は湛水条件に保ち, もう一方に徐々に乾燥ストレスを与えることにより, 根系の一部に乾燥ストレスを与えたところ, 葉の水ポテンシャルが低下する前に気孔コンダクタンスが低下した。また別の実験で, 乾燥ストレスにより葉の水ポテンシャルも気孔コンダクタンスも低下した時に, 乾燥土壌中で生育しルートシグナルを生産していると考えられる根のみを切断したところ, 気孔コンダクタンスの回復が見られた。これらの結果はルートシグナルがイネにも存在することを強く示唆している。また, 同じ程度の土壌乾燥ストレスに対して, IR62266, DHL, CT9993の順に気孔コンダクタンスが早く低下することが認められた。これは系統によってルートシグナルに対する感受性またはその生産能力が異なることを示している。

次に, 硬盤層を貫通した根の吸水による地上部の生育への貢献度とその系統間差異について評価する実験を行った。人工的な硬盤層としてワックス層を用い, ポット土壌を徐々に乾燥ストレスを与えた上層と常に湿潤な下層に分けた。そして異なる硬さのワックス層により下層の湿潤土壌に到達する根量を変え, その根量と地上部の生育との相関を調べた。その結果, 系統や処理区にかかわらず, 下層に到達する根が多いほど地上部乾物重が大きい傾向が認められた。下層の湿潤土壌に到達する根量と地上部の生育との関係について, 前述の実験でルートシグナルに対する感受性あるいはその生産能力が相対的に低かったCT9993では, 下層へ到達する根量が多いほど地上部乾物重が大きく, 両者間に一次相関が認められたが, ルートシグナルに対する感受性またはその生産能力が高かったIR62266では, 下層の根量と地上部の生育との関係は対数関数でよく近似された。したがって, IR62266では下層の根量以外にも地上部の生育を規定している要因が存在することが考えられ, 前述の実験よりその要因の一つとしてルートシグナルの影響が考えられた。

以上より, 天水田イネの生産性を向上させる上で, 根系形質に関して第一には, 硬盤層を貫入して下層の養水分を獲得できる根系が重要であることが明らかになった。またルートシグナルは厳しい乾燥ストレスの到来前に気孔を閉ざすことによって蒸散による水の損失を防ぐという植物の防衛反応であるが, その一方, 生育を抑制する要因にもなりうることが示された。ルートシグナルに対する感受性やその生産性には遺伝変異が存在し, また環境条件によっても, その発揮のされ方は異なることも示唆された。これらの点も考慮しつつ, 天水田イネの具備すべき諸形質を解明する必要がある。

連絡先: 山内 章 名古屋大学大学院生命農学研究科 〒464-8601 名古屋市千種区不老町

E-mail: ayama@agr.nagoya-u.ac.jp TEL/FAX: 052-789-4022

衰退著しいシダレザクラの

断根処理による樹勢回復

○多賀正明(オーク・TAGA) 後藤宏充(平安造園)

e-mail= oaktaga@dl.dion.ne.jp

【はじめに】 樹勢回復を目的とした土壌改良工事においては、樹木医の一般常識として、根端、細根を切断することはタブーとされている。一方、伝統的な日本の造園技法では、花つきの悪くなった木は、「根をいじめる」と元気になるとして、スコップで根の先端を突き切りする伝承法がある。

また、茶樹栽培においては、生産力の低下した茶樹の断根処理により、生産力を回復させる管理技法が研究されて普及している(山下正隆1986~1997)。更に、樹木の根に関する研究では、根端は切削ストレスを受けると活力ある新生根を発生するという報告がある(佐々朋幸1999樹木医学)。これらの研究から、サクラにおいても活力の低下した根を切断して、新しい根に更新する事が、樹勢の回復につながる事が十分に推察される。

そこで、衰退著しい樹齢130年、岐阜県多治見市天然記念物シダレザクラの土壌改良工事において樹木医の一般常識とは逆に、掘り起こされた根端をすべて切除する処置を行った。

結果は著効となり、地下部には膨大な新生根群の発生が見られ、旺盛な分岐・伸長が観察された。

その影響は、地上部での顕著な若返り現象となって発現し、樹体の各部位に著しい樹勢回復効果もたらした。隣接する樹齢90年の後継樹と樹勢を比較して、むしろ勝っているとも判断されるまでに回復した。

これらの実験結果を報告する。

【工事方法】 根圏域を3分割し、99年2月より3年にわたって逐次土壌改良工事を行った。土壌掘削は40~60cm深さまで、根際から根端まで手掘りで行った。露出された根は、太さ10~20mm 部位ですべて切除し、改良された土壌で埋め戻した。毎工事ごとに、10本ほどの根にはマーク紐をつけて、追跡調査の対象とした。

【調査結果】 ①発根追跡調査: 99年4月より3年間、マーク根を順次経過月数をずらして掘り起こし、新生根の発生量、伸長量、分岐次数、脱落を調査した。3年間で10回掘り起こし、25本のマーク根を調査した。結果、断根処理部に傷、腐朽、皮剥れが無ければ、4月下旬頃より旺盛に新生根群が発生した。各根群には必ず1~2本の特異的に伸長する根が発生した。この特異根のシーズン中の伸長速度は他より速く、おおよそ20cm/月であった。その他の平均的な根の伸長速度は約13cm/月であった。また、分岐次数は最盛期には7次根まで増加するが、休眠期には3次根までに脱落減少した。

②断根適期を模索するために地下40cmの地温を調査した。根の伸長活動が活発化する地温10℃に達したのは、01年では3月22日~25日であった。そこで、断根適期はこの時期、3月中旬と推測された。

③新梢伸長推移: 地上部に最初に現れる樹勢回復効果は、新梢の伸長で、処理前年の伸長指数を100とすると一年後に165、二年後では260と著しい伸長量を示した。④花芽の数: 新梢が伸び始めると、花芽の数が急激に増加する。01年4月の開花直前に「一花芽から咲く花の数」を調査したところ、樹勢の強さを示す指標である「4花以上咲く花芽の数」が全体の60%近くになった。樹勢の良いとされていた隣接する後継樹と比較したところ、後継樹の方は「4花以上の花芽の数」の構成比は24%に過ぎなかった。また、長さ1~10cmまでの「一年生短花枝に着生する花芽の数」を両樹調べたところ、試験樹の方が花芽の着生数で43%多く、後継樹をはるかに上回った。これらの結果から、両樹の樹勢は逆転したと言える。

⑤カサの巻き込み: 第一期工事で切断した2本の太枝(長径 A:14cm, B:18cm)のカサノ巻き込みに著しい成果が現れた。2年半経過した時点でのカサの巻き込み率は、Aが85%、Bは68%となり、短期間にすばらしいカサの生長があった。このような顕著な巻き込みは、通常の樹勢が良いと云われる樹木でも見られない驚異的な現象である。⑥葉身の寿命延長: 11月の落葉直前に両樹の葉色を調査したところ、後継樹は既に落葉しかかっていたが、試験樹の方はまだ緑色を保っていた。明らかに、まだ葉緑素含有量の多く残されている事が観察された。

【考察】 樹体地上部に発現した各器官の若返り現象と、サイトカイニンの一般的な各作用と照らし合わせて見ると、すべてが符合する事になる。これは、新生根の根端で生合成されたサイトカイニンが、地上部の各器官の細胞分裂に強く関与したと言える。このことから、樹勢の回復には、根端増加による養水分の吸収増加のみならず活力ある新生根の根端からのサイトカイニンの供給が重要であると考えられる。

根冠による土壌の摩擦抵抗の減少効果：粘液と境界細胞の貢献度

飯嶋盛雄*・樋口俊文・Peter Barlow #・A. Glyn Bengough §

(名古屋大学大学院生命農学研究科・ブリストル大学農学部, UK#・

スコットランド作物研究所, UK§)

* 連絡先 E-mail: mijima@agr.nagoya-u.ac.jp

植物の根冠は、土壌の機械的ストレスを緩和する働きを持つことが従来より指摘されてきた。我々は、壤土 (Loam soil) で育てたトウモロコシ根の場合には、根冠は土壌の機械的抵抗の約40%を減少させる働きを持つことを報告した (飯嶋ら、2000; 根の研究 9 (4) p194)。ここで、根冠が土壌の抵抗を減らす仕組みとして、境界細胞 (根冠脱落細胞) と根冠粘液とが想定されるが、それらがどの程度、貢献しているのかは不明である。そこで本研究では、粘液と境界細胞がそれぞれ機械的抵抗の何%を減少させているのかを定量的に明らかにすることを目的とした。材料と方法: トウモロコシ (ポップコーン: ROBUST30-71) を供試した。根冠切除と粘液の有無により4つの処理区を設けた。根冠除去についてはその有無によって境界細胞を持つか否かを表現すると見なし、境界細胞除去区 (Decap; D区) と境界細胞区 (Intact; I区) とした。根冠粘液をすべて拭き取った後、他の植物体から回収した粘液を 2 μ l 根冠部に付与した個体を粘液区 (Mucilage; M区)、付与しない区を粘液除去区 (Non Mucilage; nM区) とした。粘土含量3.4%の壤質砂土を2段階の硬さ (土壌容積重 0.90 g cm⁻¹の対照区と土壌容積重 1.50 g cm⁻¹の圧縮区) に充填した土壌でトウモロコシ種子根を12時間成長させた (実験1)。つぎに種子根が圧縮土壌へ貫入する時に発揮される根の生長圧を測定した (実験2)。さらに、土壌の硬さが成長圧に及ぼす影響を調べるために、3段階の土壌の機械的ストレス (0.52, 1.20, 1.59MPa) 条件下で DnM、IM 区の成長圧を測定した。

結果と考察: 土壌が非常に柔らかい対照条件下では処理そのものは根の成長に影響を与えないことを確認した。一方、圧縮条件下では、境界細胞除去と粘液除去の両処理によって根の成長速度は顕著に抑制された (実験1)。根の生長圧は DnM区、DM区、InM区、IM区ではそれぞれ、0.35、0.29、0.28、0.23Mpaであった (実験2)。すなわち本実験条件下では、根冠は根が受ける土壌の抵抗全体の34%を減少させ、そのうち境界細胞により54%の抵抗が、粘液により46%の抵抗が減少することが明らかとなった。根冠の摩擦抵抗減少効果に及ぼす土壌の機械的ストレスの影響を調べた結果、0.52, 1.20, 1.59MPa 条件下での根冠の摩擦抵抗減少効果は、それぞれ32%, 32%, 34%であった。すなわち土壌の機械的抵抗の大きさの違いによって根冠の抵抗減少効果はほとんど変わらないことが明らかとなった。既報で求めた40%の減少効果との違いは、土壌の粘土含量の違いあるいは品種特性に起因するものと考察する。

謝辞: 東京大学大学院農学生命科学研究科の森田茂紀博士には、本研究の実験系を確立する上で有益な助言をいただいた。ここに謝意を表す。

シロイヌナズナ根端優勢喪失突然変異体の解析

黒羽 剛, 岡田清孝¹, 佐藤 忍 (筑波大・生物, ¹京都大・理学部)

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植物生理学研究室

E-mail: tkuroha@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

高等植物において茎あるいは根を切断することにより、切り口付近での新たな根の形成が誘導される現象がみられる。これは地上部における頂芽優勢に対応するものと考えられ、「根端優勢」と呼ぶこととする。この現象には地上部から輸送されたオーキシンや傷害等が促進的に関与していることが、外生投与実験や突然変異体の解析等により示唆されている。その一方で、根自身に不定根・側根形成阻害活性が存在していることから、根（根端）がより基部側における根の形成を阻害する物質を生産することにより、根の形成を抑制的に制御している可能性も示唆されている。また、近年の我々の研究により、カボチャ根導管液から不定根形成阻害物質としてサイトカイニン的一种であるトランス-ゼアチンリボシドが同定されたことから、根端優勢の抑制的な機構にはサイトカイニンが関与していることが考えられたが、他の要因の関与も含めその詳細な検証は未だなされていないのが現状である。

本研究では、シロイヌナズナにおいて根端優勢が喪失した突然変異体の単離及びその解析を試みた。EMS 処理により突然変異を誘起した M2 種子から、根や胚軸を切断しないにもかかわらず、不定根や側根の形成が多くみられる植物体の選抜を試みた結果、劣性変異体 *rot302*, *ar-L1*, *ar-L14*, *ar-C12*, *ar-C22* が単離された。*rot302* は根の伸長が遅く、根の分枝が顕著にみられ、一部で不定根の形成もみられた。*ar-L1* は一部で不定根の形成がみられたほか、子葉の枯死が野生型よりも早い段階でみられた。*ar-L14* は側根が多く、一部で不定根の形成がみられたほか、葉が野生型より黄色い表現型がみられた。*ar-C12* は葉の上偏成長がみられ、不定根の形成が著しかった。これらの変異体では根端分裂組織の異常はみられなかった。これらの突然変異体は、サイトカイニン等が関与する根端優勢の抑制的な機構に異常が生じた結果、このような表現型を示している可能性が考えられる。一方、*ar-C22* は主根の成長が途中で停止し、側根を全く形成しない代わりに正常に伸長する不定根の形成が多くみられた。現在、これらの突然変異体の原因遺伝子の同定を試みるとともに更に詳細な生理学的、遺伝学的解析を行っているところである。

ミクロ繁殖によるブドウの発根に及ぼすオーキシンの影響

河合義隆*・坂部雄基・平塚 伸 (三重大学生物資源学部)

*E-mail: kawai@bio.mie-u.ac.jp

果樹の苗木生産は主に栄養繁殖で行われており、果樹の生産上 1) 増殖率の増加、2) 結実性・生産量の増加、3) 生産力の維持、4) 品質の均一性とその維持・向上などの意義がある。栄養繁殖法の挿し木法は母樹から枝条の一部を取り、挿し木により発根させることにより新しい個体を得る方法で、一度に相当多数の母樹と同一の遺伝的特性を持つ苗木を得ることができる。しかしながら、すべての果樹で挿し木法が容易なわけではなく発根の改善が望まれる。

ミクロ繁殖では茎頂を使用して無菌の状態が発根させて新しい個体を得る方法が使われており、栄養繁殖の挿し木法の延長上にあるものと考えることができる。本実験ではブドウの発根能力の異なる品種についてオーキシンのインドール酪酸 (IBA) の発根への影響を *in vitro* で調べた。また、発根能力が低いトゲブドウについては内生のインドール酪酸 (IAA) と発根に及ぼす IBA 処理の影響についても実験をしたので報告する。

【材料及び方法】発根能力の異なるブドウの3品種イブリーフラン (発根: 良)、テレキ5BB (発根: 中)、トゲブドウ (発根: 不良) の茎頂培養から2節の挿し穂を準備し、*in vitro* での発根実験に用いた。発根実験では、IBA濃度が 0、0.1、1、10 ppm になるように加えたMS寒天培地に挿し穂を植え付けて30日後の発根等を調査した。一方、トゲブドウについてはIBA濃度が 1 ppm のMS寒天培地に挿し穂を植え付けて、5日ごとに植え付け後30日まで10個体ずつサンプリングして発根を調べた後IAAの分析に供試した。対照区としてIBA無添加のMS寒天培地に植え付けた区を設けて同様にしてIAAの分析に供試した。IAAの分析は4℃暗黒化で3日間80%メタノールで抽出したものをポンドエルトNH₄カートリッジを通して精製してからHPLCで行った。

【結果及び考察】ブドウ3品種のIBA添加培地での発根は、イブリーフランがIBA 1 ppmで、テレキ5BBがIBA 0.1 ppmで、トゲブドウがIBA 1 ppmで最高の発根率を示し、その値はそれぞれ90%、80%、65%であった。IBA 0 ppmではイブリーフランは45%、テレキ5BBは30%の発根を示したが、トゲブドウは発根しなかった。カルス形成率は培地のIBA濃度が高くなるにつれ高くなり、IBA 10 ppmで3品種とも100%の形成率を示した。ブドウではカルス形成が高いと発根が抑えられる傾向があると言われており、IBA 10 ppmはカルス誘導には適しているが発根には濃度が高いと考えられる。IBA 1 ppm添加培地のトゲブドウは、植え付け後10日目に発根とカルス形成が観察された。また、内生のIAAは植え付け後10日目にピークを示したが、それ以外は低かった。IBA無添加培地のトゲブドウではIAAは低く推移し、大きな変動もなく、発根やカルス形成もみられなかった。これらの結果からトゲブドウの難発根性の原因としてオーキシンの関与が推定されたが、その詳細についてはさらに検討する必要がある。

メタン発酵液を利用した有機養液土耕がメロンの生産性と $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響

中野明正・上原洋一 (野菜茶業研究所 果菜研究部)

連絡先: anakano@affrc.go.jp, Fax: 0569-73-4744

1. はじめに

畜産廃棄物は堆肥化されて利用される場合が多いが、近年、糞尿をエネルギー源として有効に利用しようとする試みがなされており、日本においてもメタン発酵法を用いた家畜尿処理プラントが稼働している。現在、エネルギーを生産した後の廃液については、好気処理により環境基準まで窒素成分等を低下させ放流するのが一般的であるが、本研究では、まずこのメタン発酵により生じる廃液 (以後メタン発酵液) をメロン栽培に有効利用する方法を検討した。

有機農産物に対する社会のニーズを反映して、2001 年 4 月から有機農産物の検査認証制度が実施され始めた。しかし、有機物施用については農産物の品質に与える影響についての知見が少なく、特に野菜類については品質が重要となるため、有機物施用が野菜の品質に与える影響について明らかにされる必要がある。さらに、昨今、農産物の表示問題が重要視される中、有機物施用効果の有無に関わらず有機農産物を判別することが重要であると考えられる。現在の有機農産物の検査認証制度においては、有機物を施用したか否かの判定は、主に検査員の聞き取り調査によって行われているため、それらを判別し保証する数値の導入について検討する必要がある。本研究では、その数値の候補として窒素安定同位体の自然存在比 ($\delta^{15}\text{N}$ 値) を用いた。 $\delta^{15}\text{N}$ 値が施肥により影響を受けることは既に報告があり、土壌や植物体の $\delta^{15}\text{N}$ 値は化学肥料に比べ有機物施用で上昇することが認められている。しかし、果菜類についてはこれらの知見が無いため、有機物施用と収穫物の $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係について明らかにする必要があると考えて本研究を実施した。

以上の背景を踏まえて、本研究では、有機性液肥を利用する新しい有機農業の形を提案するとともに、それらを認証する新たな数値の導入について検討した。

2. 材料および方法

栽培条件: CSL およびメタン発酵液を用いた新しい有機栽培 (有機養液土耕) がメロンの収量および品質に与える影響について検討した。2000 年夏と、2001 年夏に栽培を行い、2000 年夏は①化学肥料基肥区、②無機養液土耕、③有機養液土耕 (CSL) を比較し、2001 年夏は①化学肥料基肥区、②無機養液土耕、③有機養液土耕 (メタン発酵液) を比較する実験を行った。 $\delta^{15}\text{N}$ 値の分析: 土壌は 105 度で乾燥し、乳鉢で粉碎後、0.5mm の篩を通したものを使用した。茎葉部分は 80 度で乾燥し乳鉢で粉碎後、0.5mm の篩を通したものをを用いた。果実は凍結乾燥後、乳鉢で粉碎したものをを用いた。分析は、適当量のサンプルをスズカップに封入して、ANCA-SL (Europa Scientific 社製) を用いて行った。

3. 結果および考察

メロンにおいてもトマトで明らかとなった結果 (中野ら, 2001) が再現された。すなわち、化学肥料を基肥で施用したメロンは $\delta^{15}\text{N}$ 値が 1~3 程度となった。無機養液土耕区では、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が 0 を下回り、通常の基肥区より低い値を示した。一方、CSL やメタン発酵液を使用した有機養液土耕区では、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が 6~7 と高い値を示した。メタン発酵液の $\delta^{15}\text{N}$ 値についても 7.6 と CSL とほぼ同様の値であり、筆者らが明らかにしたように、施用された肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値が果実のそれに反映されていた。有機物施用をしたか否かの判別は従来不可能と考えられてきたが、今回明らかとなったメロンの他、いくつかの果菜類 (トマト、キュウリ、ナス、シシトウ、カボチャ) において判別の可能性が認められた (中野ら 2002)。今回得られた結果を総合すると、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が 5 を下回る農産物の場合、有機物施用のみで生産した可能性は低いと考えられる。

4. 文献

- 1) 中野明正・上原洋一 (2001). 有機肥料で栽培したトマトは何が違うのか?. 根の研究, 10, 2: 74.
- 2) 中野明正・上原洋一・渡邊功 (2002). 有機農産物認証を受けた果菜類の $\delta^{15}\text{N}$ 値. 土壤肥料学会誌, 73, 3. (印刷中).

深根性マメ作物によるトウモロコシへの地下水供給現象

—水素安定同位体自然存在比の解析から—

関谷信人* 矢野勝也 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学農学部 作物科学講座

TEL 052-789-7957 FAX 052-789-5558 E-mail i021010d@mbox.media.nagoya-u.ac.jp

自然界に存在する H_2O , D_2O , DHO は、反応速度や拡散速度が異なるため、地下水と降水とでは水素の安定同位体比 (δD : 試料中 D/H と標準試料中 D/H のズレを千分率で表す) が異なる場合が多い。植物の吸収する水が地下水と降水に由来する場合、その導管水の δD 値は両水源の δD 値の間で変動する。したがって、導管水の δD 値を測定することで、その植物が降水と地下水のどちらにより大きく依存しているかを知ることができる。

ある種の深根性植物では深く湿った土層から水を吸収し、浅く乾いた土層へその水を放出する Hydraulic lift 現象が観察されている。放出された水は、その植物自身に再吸収されるだけでなく、隣接して生育する植物によっても吸収・利用される可能性が指摘されている。もし、深根性植物が Hydraulic lift 現象に基づいて吸収した地下水を表層土壌に放出し、その水を隣接植物個体に供給できたならば、深根性植物だけでなく隣接個体でも、導管水 δD 値は地下水 δD 値に近づかずである。

本研究では、2000年11月(雨期初期)~2001年4月(乾期初期)にザンビア共和国 国立灌漑研究所の試験圃場にて、深根性マメ科作物のセスバニア(*Sesbania sesban*)・キマメ (*Cajanus cajan*) に隣接してトウモロコシを生育させた。そして、それぞれの作物から導管水を、さらに圃場周辺から地下水・降水を採取して各水の δD 値を解析し、マメ科作物が地下水をトウモロコシへ供給できるか検証した。もし、マメ科作物がトウモロコシへ地下水を供給できるならば、マメ科作物からの距離に応じてトウモロコシの導管水 δD 値が変動すると予想した。

セスバニアに隣接して生育させたトウモロコシの導管水 δD 値は、セスバニアからの距離に関わらず同様な値で、セスバニアの導管水 δD 値と降水 δD 値の中間値を示した。このことは、セスバニアからトウモロコシへの水供給は発生しなかったことを示唆する。一方、キマメに隣接して生育させたトウモロコシの導管水 δD 値はキマメからの距離によって異なった。すなわち、キマメからの距離が近いトウモロコシではキマメの導管水 δD 値と、キマメからの距離が遠いトウモロコシでは降水の δD 値と同様な値を示した。この結果は、キマメとの距離が近いトウモロコシでは、キマメの Hydraulic lift による地下水の供給が起きた可能性を示す。ただし、キマメとトウモロコシの間で表層土壌の水分に対する競合が発生した結果、トウモロコシ根系がより深層へ発達して地下水へアクセスした可能性も否定できなかった。

そこで、根箱を用いたモデル系において、キマメによるトウモロコシへの水供給を再度検証した。すなわち、上・中・下3層に別れた根箱にキマメとトウモロコシを混作し、キマメのみ中層・下層に根系を発達させた。そして、下層に D でラベルした水を供与しトウモロコシ導管水の D 濃度を測定した。トウモロコシは上層のみに根系を発達させたので、トウモロコシ体内で D 濃度が高まれば、キマメが下層から吸収した水をトウモロコシが吸収したことになる。その結果、キマメに近いトウモロコシほど導管水の D 濃度が高く、しかもキマメに対する遮光処理によって D 濃度が増加することを確かめた。

[謝辞]

本研究は、財団法人 昭和シェル石油環境研究助成財団の支援により遂行可能となった。ここに記して謝意を表す。

養液土耕栽培における負圧浸入計を利用した土壌透水性の測定

齋藤龍司1)*、大石正行2)、真下尚人2)、中野明正3)、山田和義4)

1)長野野花試 (現 長野南信試)、2)大起理化工業、3)農研機構野菜茶研、4)長野野花試

連絡先 saito-tatsuji@pref.nagano.jp、電話0265-35-2240 (長野南信試)

1. はじめに

養液土耕栽培で広く行われている点滴灌水では、根群域に的確に灌水する必要がある。点滴灌水による水の広がりには浸入点から縦方向と横方向に拡散する。灌水を均一にするためには、縦、横の

ころ、点滴灌水に適した物理性の指標はなく、早期の作成が望まれている。また、その指標と根の分布の関係を調査すれば、今後、栽培に有利な情報が得られていくと考えられる。

負圧浸入計はPerroux and Whiteにより開発され、その特徴は浸透水に負圧をかけることによりその負圧で脱水される大孔隙の影響が除かれた透水性が測定できる点にある。日本では、酒寄らが負圧浸入計による測定結果を発表し、さらに中野と大起理化工業が測定装置を改良した。そこで本報告では改良された測定装置を用いて、2種類の有機物を施用したほ場での透水性を測定し、その結果を報告する。

2. 試験方法

2002年2月15日～2日21日に長野野花試場内ハウス (中粗粒灰色低地土、土性CL) の養液土耕カーネーション栽培跡地土壌で測定した。栽培ほ場にはペラボン (フジック社製) 及びピートモス (CANADIAN SPHAGNUM社製) を10、20L/m²の割合で栽培開始前に施用 (1区2.5m² 2連制) し、深さ20cm程度に耕耘した。

測定準備としてカーネーション株を引き抜いてスコップで均平にした後、ふるい(2mm)を通したほ場の土を厚さ約2mmに平らに敷いた。浸入盤 大 (内径19cm) 中 (内径13cm) 小 (内径8.5cm) をそれぞれ置き、測定管に水をセットして測定管の泡が一定になったところでデータロガーのスイッチを入れ測定を開始した。同一の測定地点で負圧を12cm、9cm、6cmと変化させてそれぞれ15分ずつ測定した。また、100ml採土管により土壌を採取し、容積重及び飽和透水係数を測定した。

負圧浸入計による透水係数の算出は、Smetten and Clothierの方法を用いた。その手順は、各浸入盤における単位面積当たりの浸入フラックス q_0 (m/sec)を求め、 q_0 を浸入盤の半径 r (m)の逆数に対してプロットし、得られる回帰直線の y 切片 ($1/r \rightarrow 0$ の時の q_0)を透水係数(m/sec)とした。

3. 結果及び考察

負圧浸入計による透水性の測定結果は、2連の測定値が大きく離れ測定誤差が大きかった。また、負圧を12cm→9cm→6cmと変化させて測定すると、ほとんどの場合、透水係数が大きくなった (透水性が増した) が、有機物無施用の測定1、2区とピートモス10L/m²測定2区において透水係数が小さくなる (透水性が低下する) 傾向がみられた。有機物施用と負圧浸入計法による透水係数の間に明確な傾向はみられなかった。

有機物施用と負圧浸入計法による透水係数

| | 容積重 (g/ml) | 飽和 透水係数 (m/sec) | 負圧浸入計法による透水係数 (m/sec) | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | 負圧12cm | | 負圧9cm | | 負圧6cm | |
| | | | 測定1 | 測定2 | 測定1 | 測定2 | 測定1 | 測定2 |
| 有機物無施用 | 1.11 | 1.85E-04 | 5.34E-07 | 1.49E-07 | 4.05E-07 | -1.57E-06 | -5.35E-07 | -5.44E-06 |
| ペラボン10L/m ² | 0.85 | 2.40E-04 | -7.59E-07 | 9.19E-08 | -3.95E-07 | 3.03E-07 | -1.36E-07 | 4.78E-07 |
| ペラボン20L/m ² | 0.82 | 4.82E-04 | 4.98E-08 | -8.65E-08 | 3.19E-07 | -9.20E-07 | 7.41E-07 | 3.67E-07 |
| ピートモス10L/m ² | 0.87 | 2.84E-04 | 1.99E-08 | -1.09E-07 | 4.31E-07 | -8.51E-07 | 3.03E-07 | -1.91E-06 |
| ピートモス20L/m ² | 0.76 | 2.73E-04 | -1.18E-06 | -3.00E-07 | 2.80E-07 | 2.14E-07 | 3.73E-06 | 5.82E-06 |

負圧浸入計法による透水係数の測定精度を上げるためには、(1)測定ほ場の土壌条件が均一な時期に測定する。本報告では栽培跡地であったため、株を引き抜いた土層攪乱の影響があったと思われる。土壌が均質で水分条件も一定している定植直前の測定がよいと考える。(2)測定装置をさらに改良する。その方法として、浸入盤の数を増やす (3個→4、5個)、浸入盤を大きくする、浸入盤と測定管をつないでいるチューブを太くするなどが考えられる。(3)測定連数を増やす。本報告では、1処理2連の測定で行ったが、均質な状態が広くとれる土壌条件で、測定装置の繰り返し精度を求める試験が必要と考えられる。

いずれにしても、新しい測定方法なので装置の改良を図りながら、測定事例を増やす必要があると思われる。

仕切り板、及び流量コントロールによる Growth tube 内の酸素濃度制御の試み

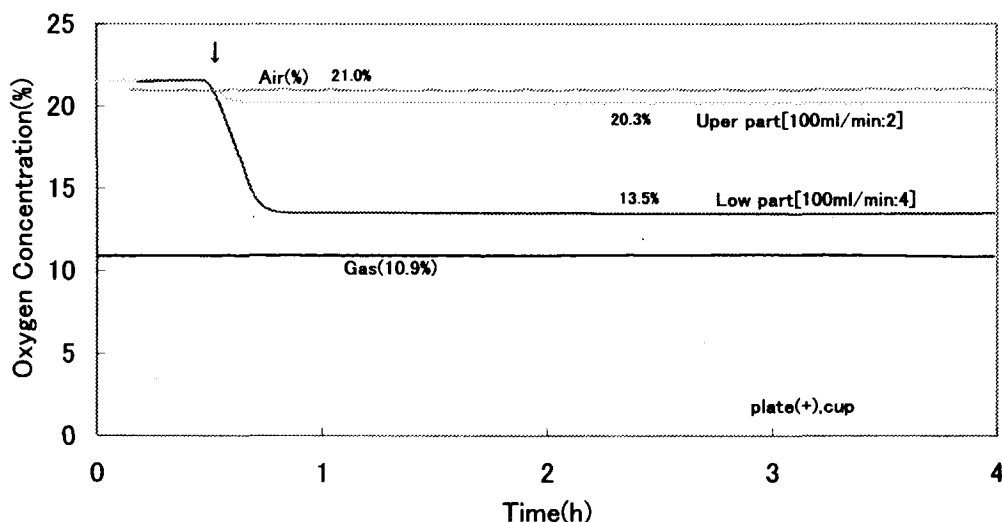
仁木輝緒¹, 高橋三男² (¹拓殖大・工学部・生物工, ²国立東京高専・物質工)

演者らはこれまで湛水処理によって得られる低酸素濃度条件で、低酸素濃度の根に対する影響を調べてきた。しかし一方で、根は成長のために水を必要としており、湛水処理による生理的变化が低酸素濃度条件によって引き起こされたと言い切れない部分がある。

演者らは昨年春の研究会で、根に与える低酸素濃度ストレスをダイレクトに導き出す方法として、低酸素濃度空気を発生する装置の試作について報告した。その報告で種々の酸素濃度空気を安定的に得ることを示した。次に、根に対する低酸素濃度ストレスの影響を調べる時、種子を低酸素濃度ガスに触れさせずに、根にのみ低酸素濃度ストレスを与えることが必要である。今回はエンドウを播種する Growth tube の種子の部分 (上部) と根 (下部) の部分の雰囲気酸素濃度を分ける条件を種々検討した。

Growth tube の上部と下部に、それぞれ 2~4 個枝管を設け、異なる濃度の空気を流した。それらの部位の酸素濃度を制御する要件として、①ガス (空気) の流速、②上下のガス流速の割合、③それぞれの部位からのガス吐出量の制御等があることが示された。

ガス (空気) の流速は、それぞれの部位のガス酸素濃度に影響を与える。すなわち低部のガス流量が低ければ上部のガスが混入し、上部のガス流量が低ければ下部のガスが上部に混入する。このとき上部と下部の間にワックスーパーラフィン紙を入れると、その混入がより制御できることが示された。①、②、③の要件を制御することによって、上部・下部の酸素濃度を変えることができる。以下にその 1 例を示す [30 分経過 (矢印) 後に下部に 10.9% (酸素濃度) の空気を流す (100 ml/min.)、上部には空気 (20.9% 酸素濃度) を流しておく]。



キュウリ根導管液タンパク質 XSP30 のジベレリンと光周期による 遺伝子発現制御とレクチン活性

小田 篤¹、作田 千代子¹、増田 進²、佐藤 忍¹

(¹筑波大・生物、²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

E-mail : astushi@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

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水、無機塩類、ホルモン類などの他に、多糖や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ってきている。これまでに我々は、キュウリ根導管液中に存在するレクチンタンパク質(XSP30)に着目し、キュウリ根における遺伝子発現解析を行ってきた。その結果、XSP30 の発現は根特異的であり、幼植物体では見られないが、地上部の発達とともに誘導され、地上部が受ける光周期に依存して暗期直前に発現量が最大となり明期の中盤に最小となる日周変動リズム性を示すことが明らかとなった (第 13 回根研究集会)。さらに根における XSP30 の発現は、ジベレリンの合成阻害剤であるウニコナゾールを地上部に処理すると低下したが、同時にジベレリンを葉に処理することによってリズム性を維持したまま回復したことから、XSP30 の根における発現が葉で受けた光周期と葉から供給されるジベレリンによって制御されていることが判明した (6th ISRR symposium)。

本研究では、XSP30 のジベレリンによる遺伝子発現制御機構とレクチン活性について解析を行った。ウニコナゾールを地上部に処理し、地上部におけるジベレリンの合成を停止させたキュウリの根にジベレリンを投与し、XSP30 の発現を調査した結果、ジベレリンを葉に投与したときのような発現量を増加させる効果は見られなかった。このことから、根における XSP30 の発現は地上部でジベレリンの制御下で生産される何らかの因子によって制御されていることが示唆された。また、XSP30 のレクチン活性を調査した結果、XSP30 はマンノースと N-アセチルグルコサミンのみを糖鎖に持つタンパク質 (マメレクチン) への結合性が見られた。しかし、XSP30 の結合活性はマンノースと N-アセチルグルコサミンの糖鎖にキシロースとフコースが付加した糖鎖を持つマメペルオキシダーゼには弱かった。また、マメレクチンへの結合はオリゴ-N-アセチルグルコサミンによって阻害されたことから、XSP30 はフコースの付加していない N-アセチルグルコサミンを認識することが考えられた。以上のことから、根で生産される XSP30 は地上部から根へ伝達される光周期とジベレリンに応答したシグナルによって遺伝子発現が制御され、導管を介して地上部に輸送された後、フコースの修飾を受けていない糖鎖を持つ糖タンパク質に結合し何らかの生理機能を果たしている可能性が示唆された。

報告 (第 16 回根研究集会発表要旨)

施肥位置と肥料形態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・宮地 直道¹・木村 武²・木嶋 伸行・村上 弘治・山本 克巳³

(野菜茶業研究所、1.現日本大学、2.現中央農業研究センター、3.九州沖縄農業研究センター)

〒514-2392 三重県安芸郡安濃町草生 360 TEL:059-268-4645

環境負荷低減効果が期待される局所施肥および被覆肥料・家畜ふんペレットの利用技術を開発するため、施肥位置・肥料形態の違いがキャベツの根系分布、窒素吸収および土壌中の窒素動態に及ぼす影響について調査を行った。

【材料および方法】キャベツ（‘松波’）苗を野菜茶業研究所内圃場（表層腐植質黒ボク土）に 8/30 に定植し（栽植密度 5556 株/10a）、12/11（定植後 101 日目）に収穫・試料採取を行った。施肥は全量基肥とし、肥料形態（被覆肥料：ロング 424-40、牛ふんペレット：九州沖縄農研より供与・窒素含量が 4.2%となるよう窒素を添加・C/N 比 9.3）と施肥位置（全層：30kgN/10a を畝内に全層施用、局所：15kgN/10a を畝内に全層施用し、15kgN/10a を株下 10cm または 20cm に条施用）を組み合わせた。定植後 30 日目、57 日目にも植物体地上部および土壌試料の採取を行い、植物体は元素分析装置を用いて全窒素含量を測定した。土壌は直径 5cm、長さ 5cm の採土管を用いて幅 30cm、深さ 30cm の範囲を 36 のブロックに分割し採取し、採土管中の根を回収し根長を測定するとともに、土壌から蒸留水で振とう抽出した硝酸態・アンモニア態窒素をイオンクロマトグラフを用いて測定し、根系分布および窒素分布を調査した。

【結果および考察】土壌中の硝酸態窒素は、ペレット施用区では濃度が低く、施肥位置による分布の差も認められなかったが、被覆肥料施用区では分布に差が認められ、全層施用区で比較的広い範囲に分布していたのに対し、局所施用区では局所施肥部付近に局在していた。アンモニア態窒素は硝酸態窒素と比べ濃度は非常に低く、肥料形態・施肥位置による分布の差も認められなかった。被覆肥料施用区の根系は、土壌中の硝酸態窒素分布との相関が高く、局所施用区では局所施肥部付近に根が集中する傾向が見られたのに対し、ペレット施用区では、上部局所区において施肥位置周辺で根系発達が認められたものの、全般に窒素分布との相関は低く、施肥位置の影響は明確ではなかった。植物体生育は、被覆肥料施用区がペレット施用区よりも全般的に高く推移したが、両施用区とも収量は下部局所>上部局所>全層の順となり、特に下部局所区は他の 2 つの区と比べ著しく高い値を示した。窒素吸収量も下部局所区が高く、特に 57 日目以降の窒素吸収量の差が顕著であった。施肥窒素利用率は被覆肥料施用区の方がペレット施用区よりも高く、また、両施用区とも下部局所区が他の 2 区よりも高い値を示した。以上より、被覆肥料を施用した場合、施肥位置により根系分布は影響を受け、硝酸態窒素の分布に沿って根系が発達することが示された。また、株下 20cm に条施肥した下部局所施肥は、環境負荷の低減効果が高いだけでなく、栽培後期の窒素吸収が維持されることにより、全層施肥や上部局所施肥と比べ高い収量を得ることが可能であることが示唆された。

表. 肥料の種類および施肥位置がキャベツ生育、窒素吸収に及ぼす影響 (定植後101日目の測定値)

| 処理区 | 新鮮重(kg/10a) | | | 窒素含量(N kg/10a) | | | 施肥窒素利用率(%) |
|----------|-------------|------|-------|----------------|------|------|------------|
| | 結球 | 外葉 | 株 | 結球 | 外葉 | 株 | |
| 無窒素区 | 2856 | 4200 | 7056 | 5.9 | 8.0 | 13.9 | — |
| 被覆全層 | 4511 | 5212 | 9723 | 11.3 | 14.6 | 25.9 | 40.0 |
| 被覆上部局所 | 4645 | 5356 | 10001 | 11.6 | 14.5 | 26.1 | 44.4 |
| 被覆下部局所 | 6739 | 7039 | 13779 | 16.0 | 19.7 | 35.7 | 69.7 |
| ペレット全層 | 1922 | 3523 | 5445 | 5.0 | 6.9 | 11.9 | -6.6 |
| ペレット上部局所 | 2728 | 3995 | 6723 | 8.1 | 7.6 | 15.7 | 7.0 |
| ペレット下部局所 | 4839 | 4639 | 9279 | 10.1 | 9.4 | 19.5 | 21.8 |

報告 (第16回根研究集会発表要旨)

省耕起畑におけるてんさい、キャベツの根系と生育

辻 博之、小島 誠 北海道農業研究センター
連絡先 0155-62-9274 email: tuzihiro@affrc.go.jp

1. 研究の目的

近年、作物生産場面では生産費の低減と環境保全が重要課題となっている。労力の軽減、作業時間の短縮、炭素収支の等の面から、生産現場への不耕起および直播技術の導入が期待されている。本研究では、十勝地域で広く栽培され、直播、移植とも可能なテんさい、キャベツについて、不耕起や直播に対応した生育変化を明らかにすることの一環として実施した。

2. 材料と方法

1) 栽培方法 テんさい(めぐみ)とキャベツ(ア-リー-ホ-ル)を不耕起区(播種、施肥用に深さ6cm、幅約8cmの溝のみ成形)とプラウ耕区(前年秋プラウ耕、作付直前整地)畑に栽培した。テんさいは3月14日にア-リー-ホ-ットに播種、4月25日に移植した。キャベツは移植区では5月16日播種、6月6日移植とし、直播区は6月6日に播種した。肥料はテんさいが15.6-26-15.6kg/10a(N-P₂O₅-K₂O成分量)、キャベツは14.4-24-24.4kg/10a(同)を株から3cm離れた側条に施用した。

2) 調査方法

a. キャベツの根系調査; 不耕起区では試験前年秋、プラウ耕区では耕起後に五角形に成形したアクリル板を垂直に埋設し、近傍にキャベツを播種・移植した。収穫期に板面に露出した根長を交差法で計測した。

b. Rb吸収活力調査; 土壌中6箇所に2%RbCl溶液20mlをかん注し、2週後のRb吸収量を測定した。

a. 投影葉面積による生育調査; キャベツおよびテんさいをデジタルカメラで撮影し、画像解析により投影葉面積を算出した。

3. 結果

1) キャベツの根系に及ぼす耕起法・植付け方法の影響

不耕起・移植では表層・株元の根量が多いのに対して、不耕起・直播区は畦間の根量が増加した。プラウ耕・移植区では株下深層の根量が増え、プラウ耕・直播区の根は広範囲に分布する特徴が見られた。

2) Rb吸収活力

不耕起区のRb吸収活力はプラウ耕区に比べて、テんさい、キャベツ共に深層部で低く、キャベツでは畦間・表層(距離15cmの深さ5cm)で高かった。

3) 耕起法が作物の生育に及ぼす影響

投影葉面積はテんさいでは6月13日(移植後約7週目)、キャベツでは移植区の6月27日、直播区の7月11日(本葉5~7枚目の展開期)に不耕起区で大きくなった。

4. 考察

不耕起栽培は比較的初期の生育が促進される傾向であった。本試験の側条施肥という条件では、生育初期には表層の根量と土壌環境が生育に及ぼす影響が大きく、土壌深層における根量減少、根活力の低下の影響は小さいものと考えられた。

また、直播では移植よりも広範囲から養水分吸収をおこなうものと考えられ、追肥の利用率等が異なってくる可能性も推察された。

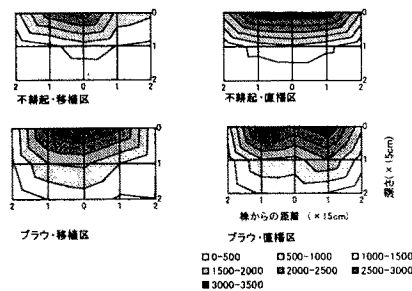


図1 キャベツ根系分布の状況

単位は根と判断された画素数/225cm²

表1 土壌中にかん注したRbの吸収量に対する耕起法の影響

| 作物 耕起法 | キャベツ | | | |
|------------|------|-----|------|-----|
| | 不耕起 | | プラウ耕 | |
| 株からの距離(cm) | 5 | 15 | 5 | 15 |
| 深さ 5cm | 27.0 | 6.4 | 30.1 | 0.7 |
| 15cm | 22.9 | 1.1 | 18.7 | 3.0 |
| 25cm | 2.4 | 0.2 | 6.0 | 0.1 |

| 作物 耕起法 | テんさい | | | |
|------------|------|-----|------|-----|
| | 不耕起 | | プラウ耕 | |
| 株からの距離(cm) | 5 | 15 | 5 | 15 |
| 深さ 5cm | 36.8 | 1.1 | 30.8 | 1.0 |
| 15cm | 17.1 | 3.8 | 33.7 | 0.7 |
| 25cm | 9.2 | 0.9 | 18.0 | 0.6 |

移植区 4個体の平均
吸収量の単位(mg/plant)

表2 耕起法がテんさいとキャベツの投影葉面積に及ぼす影響

| テんさい移植区投影葉面積 | | |
|--------------|--------------------------|-------|
| 日時 | 不耕起 | プラウ耕 |
| | (cm ² /plant) | |
| 5月29日 | 65.1 | 98.3 |
| 6月13日 | 349.5 | 276.6 |
| 増加率(%) | 539 | 290 |
| キャベツ移植区投影葉面積 | | |
| 日時 | 不耕起 | プラウ耕 |
| | (cm ² /plant) | |
| 6月13日 | 24.3 | 31.6 |
| 6月27日 | 329.6 | 269.2 |
| 増加率(%) | 1413 | 906 |
| キャベツ直播区投影葉面積 | | |
| 日時 | 不耕起 | プラウ耕 |
| | (cm ² /plant) | |
| 7月11日 | 310.8 | 257.8 |

報告 (第16回根研究集会発表要旨)

根域制限栽培ブドウの根系画像解析

栽培方式の違いが根系パラメーターおよび地上部の生育に及ぼす影響

○金原啓一¹, 梅宮善章², 中村ゆり³, 岸 祐子¹ (¹栃木県農業試験場, ²農研機構果樹研究所)

Image analysis of root system growing under root zone restriction in grape.

2. Effect of planting system on grape root system parameter and top growth.

○KANEHARA, K¹, Y, UMEMIYA², Y, NAKAMURA³, Y, KISI¹

1. 目的 根域制限栽培を行ったブドウ樹では、栄養生長が抑制され、地下部の根量が増加することが知られている。前報ではブドウ根域制限栽培において、地上部の生育を同程度にし、培土量を変化させた場合の影響について報告した。本報では、根域制限栽培と慣行地植え栽培を用い、光合成器官である葉と養水分吸収器官である根の関係を解析する目的で、仕立て方、樹冠面積を同程度にした場合の、樹体生育、収量及び画像解析法を用いた根長、根表面積について検討を行った。

2. 材料及び方法 雨除け根域制限栽培5年生巨峰自根樹各区2樹を供試した。処理区は、根域制限区(培土量150ℓ)、地植え区(表層腐植質黒ボク土)とした。根域制限区の培土は赤玉土:バーク堆肥=2:1の混合土を使用し盛土方式とした。仕立て方は、うね間3m、株間2.5m、2本主枝の垣根仕立てとした。新梢は1mで摘芯し、副梢は基部から切除した。施肥は、樹1本当たり、前年秋に尿素10g、休眠期にノンストレスNPK(16-8-8)250g、尿素20g、ようりん120g、FTE15gを施用した。灌水はドリップ式。5:00から30分おきに20回行った。培土1ℓの1日当たりの灌水量は、催芽から開花期までは53ml、開花終から着色始めまでは88ml、収穫期までは53mlとした。

9月16日および10月1日に各1樹を地上部、根幹、細根(2mm未満)、太根(2mm以上)に分けて解体し、乾物重を測定した。根系パラメーターは根系画像解析ソフトWin Rhizo(REGENT INSTRUMENTS INC)で根径別長さ、表面積を測定した。

2. 結果及び考察 収量は根域制限区と地植え区で同程度であった。地上部の乾物重は地植え区で多かった。T/R比も同様に地植え樹で高かった。根での乾物の分配は、根域制限区で細根の割合が高かった。総根長(2樹平均)は、根域制限区が4.3kmと地植え区の約5倍であった。また、根の総表面積は根域制限区が12.2m²と地植え区の約3倍であった。養水分の吸収に関する細根の長さは、根域制限区が地植え区の5倍、表面積は根域制限区が地植え区の4倍であった。根の直径別では、2mm未満の細根の直径分布のピークは直径0.5mmであったが、根域制限では地植えと比較して、より細い根の割合が高かった。また、2mm以上の太根の長さは根域制限区が地植え区の約2倍であった。しかし、表面積は地植え区で、より直径の太い根の割合が高いため、根域制限区との差は少なかった。太根の根長の直径分布のピークはいずれも直径2.5mmであった。根表面積(細根)と葉面積との比は、根域制限では1.0となり、葉面積と根の表面積が同等であった。また、地植えでは0.2となり、葉面積の1/5の根の表面積であった。葉1枚あたりで比較すると、根域制限区の181cm²/枚では根表面積181cm²に相当し、地植えの184cm²/枚では、根表面積37cm²に相当する。

以上のように、根域制限栽培では樹体に強いストレスがかかっているため細根が発達し、地植えの約5倍の根量の増加がみられる。また供試した根域制限の条件では、1枚の葉を維持するための根表面積は、地植えの約5倍であった。

表1 乾物重および根系パラメーター

| 栽培方式 | サブリング部位 | 地上部乾物重 g | | | 葉面積 m ² | | | T/R比 | | | 根表面積(細根)/葉面積 | | |
|------|---------|----------|------|------|-----------------------|------|------|------|-----|-----|--------------|-----|-----|
| | | N01 | N02 | 平均 | N01 | N02 | 平均 | N01 | N02 | 平均 | N01 | N02 | 平均 |
| 根域制限 | 葉 | 743 | 633 | 688 | 11.3 | 9.5 | 10.4 | 2.6 | 2.9 | 2.7 | 0.9 | 1.2 | 1.0 |
| | 結果母枝 | 865 | 965 | 915 | 181cm ² /枚 | | | | | | | | |
| | 新梢 | 699 | 721 | 710 | | | | | | | | | |
| | 果実 | 1624 | 2097 | 1860 | | | | | | | | | |
| | 合計 | 2307 | 2319 | 2313 | | | | | | | | | |
| 地植え | 葉 | 944 | 808 | 876 | 12.8 | 12.1 | 12.4 | 3.6 | 3.7 | 3.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| | 結果母枝 | 1465 | 1292 | 1378 | 184cm ² /枚 | | | | | | | | |
| | 新梢 | 869 | 927 | 898 | | | | | | | | | |
| | 果実 | 1337 | 1749 | 1543 | | | | | | | | | |
| | 合計 | 3277 | 3026 | 3152 | | | | | | | | | |

| 栽培様式 | サブリング部位 | 地下部乾物重 g | | | 細根割合 % | | | 根長 m | | | 表面積 m ² | | |
|------|---------|----------|------|------|--------|-----|----|------|------|------|--------------------|-------|-------|
| | | N01 | N02 | 平均 | N01 | N02 | 平均 | N01 | N02 | 平均 | N01 | N02 | 平均 |
| 根域制限 | 細根 | 641 | 733 | 687 | 43 | 46 | 45 | 4036 | 4291 | 4163 | 10.25 | 10.93 | 10.59 |
| | 太根 | 852 | 853 | 853 | | | | 163 | 157 | 160 | 1.59 | 1.64 | 1.61 |
| | 合計 | 1493 | 1586 | 1539 | | | | 4199 | 4448 | 4323 | 11.84 | 12.56 | 12.20 |
| 地植え | 細根 | 251 | 264 | 258 | 19 | 20 | 20 | 821 | 953 | 887 | 2.74 | 2.83 | 2.78 |
| | 太根 | 1043 | 1039 | 1041 | | | | 79 | 85 | 82 | 1.56 | 1.31 | 1.44 |
| | 合計 | 1294 | 1303 | 1299 | | | | 900 | 1038 | 969 | 4.30 | 4.14 | 4.22 |

注1. N01樹は9月16日、N02は10月1日に掘取り解体 注2. 細根割合は合計に対する細根の乾物重の割合

東北タイ・天水田の根圏の水分動態

日本学術振興会 科学技術特別研究員 (国際農研セ*) 鈴木研二

1. 背景と目的

東北タイ・天水田地域では、立地によって水文環境が大きく異なり、降雨条件の経年変動も大きいため、稲の生育は経年あるいは立地間で格差がある。実際の圃場における稲の収量や蒸散量をより正確に推定するためには、根系分布や根群域の水条件に関するフィールドでの知見を積み上げ、それらの関係を定式化することが課題となる。

ここでは、立地条件の異なる水田筆での水条件と根群の分布する領域との関係を、現地調査およびシミュレーションの結果をもとに考察する。

2. 対象地域と方法

調査対象地域をコンケン県 PY 郡 HH 村に選定した。村内に所在する斜面上の天水田群一列を対象圃場 (図 1) とし、1999 年に選定筆において湛水深、地下水位を観測した。稲の収穫後、各選定筆の 3 株を対象として、株を通る土壌断面を掘削し、根の到達深を測定した。また、雨量データから圃場の水条件を推定するシミュレーションモデルを当該圃場に適用し、各筆の土壌水分を推定した。

3. 結果と考察

1999 年は 7~8 月にかけて無降雨日が連続し、最高位部の第 1 筆ではその期間の水ストレス (旱魃) により稲が枯死した。稲根の深さに関する測定結果を図 2 に示す。低位部と高位部で根深が浅くなっている。第 3 筆と 7 筆における地下水位の観測値からは、両者の顕著な格差は認められない (図 3)。一方、第 1, 5, 9 筆における土壌水分の計算値からは、特に 7~8 月の無降雨の連続する期間で、高位部から順次乾燥する傾向にあることがわかる (図 4)。これらのことから、斜面高位部では強い水ストレスが、低位部では比較的豊富な土壌水分が、稲根の深部への伸長を妨げた要因のひとつであると推察される。

【参考文献】 鈴木研二ら, 2001, 東北タイにおける天水田の水文過程のモデル化, 農業土木学会論文集, 第 212 号, pp. 79-84

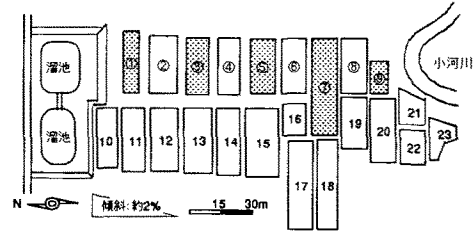


図 1 対象圃場

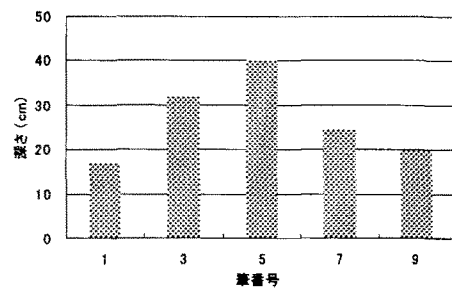


図 2 稲根の到達深 (測定値平均, 1999 年)

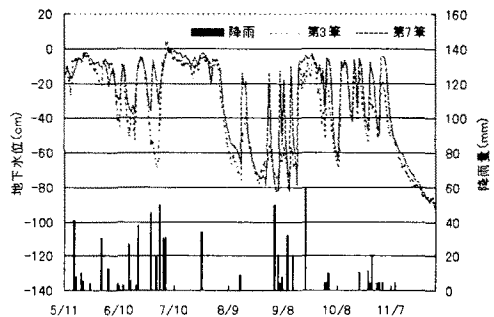


図 3 地下水位の推移 (観測値, 1999 年)

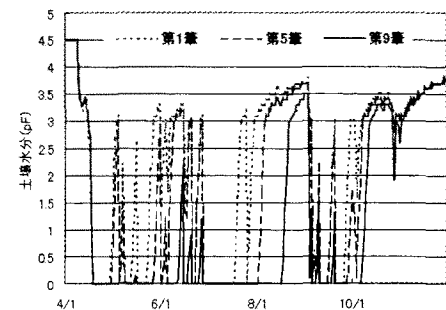


図 4 土壌水分の推移 (計算値, 1999 年)

* 〒305-8686 つくば市大わし 1-1 (独)国際農林水産業研究センター 国際情報部, e-mail: suzukik@jircas.affrc.go.jp

報告 (第 16 回根研究集会発表要旨)

挿し木後 3 年目の幼茶樹における根群分布形態の品種間差異

池田奈実子¹, 東 拓朗¹, 松尾喜義¹, 阿南豊正¹, 吉峯哲史²

1 : 農業技術研究機構野菜茶業研究所, 2 : 鹿児島県始良農業改良普及センター

日本の緑茶生産では、良質な茶にはうま味が必要であり、うま味の強さはアミノ酸含有量と関係している。アミノ酸含有量を増やすためには、ある程度窒素肥料の施肥量を増やすことが必要であり、他の作物に比べて多肥栽培が行われてきたが、近年、過剰な施肥が問題となっている。チャの窒素肥料は 10a あたり 54 kg 施用した場合には 38.4 % しか吸収されない (石垣 1978)。チャの品種育成において、少ない施肥量で生育や製茶品質を維持するためには、効率よく吸収できる根の構成が必要と考えられる。本報告では、チャの 3 年生挿し木苗を用いて根の木化根、白色細根の分布の品種間差異を調査した。

[材料及び方法]

‘やぶきた, かなやみどり, くらさわ, めいりよく, 印雑 131, Z1, あさつゆ, いずみ, おくみどり, おくむさし, おくゆたか, さえみどり, さやまかおり, するがわせ, ふうしゅん, ふじみどり, ゆたかみどり’ の 17 品種を、1998 年 6 月に研究所内の挿し木床に挿し木した苗を材料として用いた。

材料は、2001 年 10 月 26 日～11 月 16 日に掘り取り、根に付着している土を洗い流したあと、地上部や地下部の生育が標準的な苗を 10 本選び、速やかに撮影に用いた。撮影は、正面と左右それぞれ 60 cm × 60 cm の正方形の 3 面をつなげ、10 cm × 10 cm に区切り、周りを黒幕で覆った枠を作成して、枠の中央に苗の挿し穂の切り口を置き、室内で行った (図 1)。

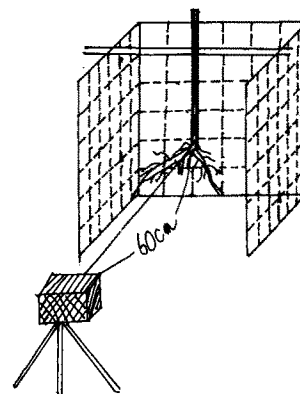
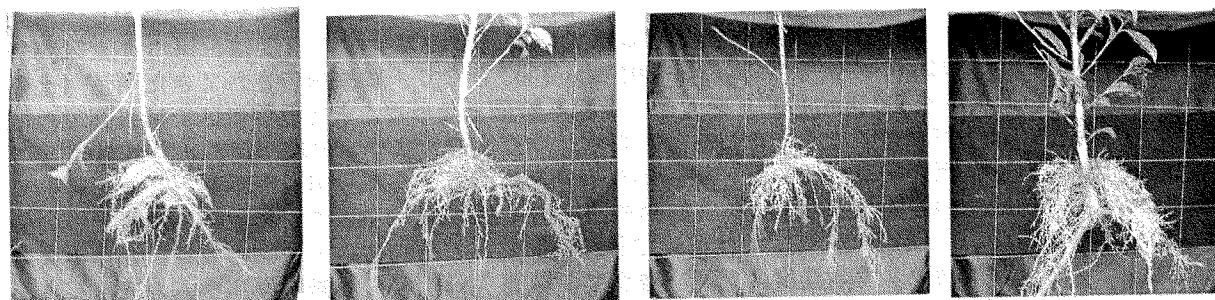


図 1 チャの根群分布形態の撮影

[結果及び考察]

‘印雑 131’では、木化根より上部の位置に白色細根の発生が見られる二段根が多く見られた。‘あさつゆ, するがわせ’は、白色細根の量は他の品種と同程度であるが、木化根の量が少なかった。両品種とも初期生育が劣るが、木化根の少ないことが生育に影響を与えていると考えられた。‘かなやみどり’は開張型の代表的な品種で枝が横に広がるが、木化根、細根とも横へ広がる傾向が見られた。‘くらさわ, ゆたかみどり’は、供試した品種の中で木化根、白色細根の伸びが最も良かった。



印雑 131

かなやみどり

あさつゆ

くらさわ

図 2 挿し木後 3 年目の幼茶樹の根群分布形態の品種間差異

報告 (第 16 回根研究集会発表要旨)

根圏土壌からの非交換態カリウム放出機構の検討

森塚直樹、矢内純太、小崎隆 (京都大学大学院農学研究科)

E-mail; morituka@kais.kyoto-u.ac.jp

背景と目的

植物の多量必須元素であるカリウムは、主に土壌から供給される。一方、土壌中のカリウムの最も植物に利用されやすい形態—水溶性・交換態といった 1 M 酢酸アンモニウム溶液 (pH=7) で抽出される画分—は、土壌の全カリウム量の通常 1-2% しかない。そのため、植物による利用に伴って土壌中の水溶性や交換態カリウムが枯渇した後は、その他のカリウム、すなわち雲母、長石およびその風化産物に存在する非交換態カリウムも根近傍 (根圏) から植物に供給されることが知られている。

根近傍でのカリウム含有鉱物を化学抽出、電子顕微鏡、X 線回折などの手法で調べた結果、根圏からの非交換態カリウムの放出には、鉱物溶解とイオン交換の関与していることが示されてきた。しかし、多種多様な鉱物を含んだ土壌の場合、根圏での非交換態カリウムの減少程度や減少量を評価することさえも難しく、その放出機構は明らかでない。これは主に、土壌中の非交換態カリウムの放出を評価できる適切な手法がないことによる。

そこで本研究では、土壌—植物系において、根圏での非交換態カリウム濃度の減少を検知できる方法を考案し、その放出機構を考察することを目的とした。

実験方法と結果

まず、根圏での非交換態カリウムの減少を評価するために、従来の非交換態カリウム抽出剤 (1M HNO₃, 1M HCl) より弱い 0.01M HCl を抽出剤として試みた。根の密集する植栽部からの距離別に土壌を採取できる根箱を用いてトウモロコシを 17 日間栽培後、根圏および非根圏土壌を採取し分析に供した。土壌中の非交換態カリウムは、土壌を酢酸アンモニウムで洗浄後、0.01M HCl を抽出剤として連続的に抽出を行い、抽出液中のカリウムを分析することにより評価した。その結果、0.01M HCl を用いた連続抽出法は、従来の強酸では示されなかった根近傍での非交換態カリウムのわずかな減少を検知することができた。

次に、この抽出法を用いて、根圏での非交換態カリウムの減少を評価するとともに、その放出されたカリウムの由来と放出過程を考察した。非アロフェン質黒ボク土、灰色低地土、黒雲母、長石を非交換態カリウム供給源とし、根箱を用いたトウモロコシ栽培試験を 17 日間行った。その結果、根圏での非交換態カリウム濃度の減少は、非アロフェン質黒ボク土・灰色低地土・黒雲母区では見られ、長石区では見られなかった。その減少幅は、カリウム供給源によらず根の密集する植栽部から 0-1 mm となり、交換態 (5-10 mm)、水溶性 (50 mm) より小さかった。また植栽部での非交換態カリウムの減少—黒ボク土区で 0.26 mg (吸収量の 1.1%)、沖積土区で 0.88 mg (吸収量の 4.4%)—に伴う粘土鉱物性の変化は、XRD 分析では検知できなかった。

考察

根圏での非交換態カリウム濃度の減少が長石区では見られず、土壌・黒雲母区では見られたことから、植物が利用した非交換態カリウム供給源は主に 2:1 型粘土鉱物の層間のカリウムであると考えられた。さらにいずれの区でも根圏 pH は 4.5 以上であったことから、根圏での層間カリウムは酸による鉱物溶解反応ではなく、陽イオン交換反応によって放出されたと考えられた。

従来この層間カリウムの放出には溶液中のカリウム濃度の低下が必須とされている。しかし、本実験では、非交換態カリウムの放出が見られた植栽部での溶液中のカリウム濃度は、黒ボク土区 650 mmol m⁻³、沖積土区 722 mmol m⁻³、黒雲母区 406 mmol m⁻³ となり、従来報告されてきた閾値 (土壌 < 100 mmol m⁻³、黒雲母 < 400 mmol m⁻³) を大きく上回る結果となった。また黒雲母区では根圏での溶液カリウム濃度の低下が顕著でなかったにも関わらず、非交換態カリウムの放出が認められた。

これらの結果は、まだ解明されていない根圏からの非交換態カリウム放出過程があることを示している。そこで、根圏での層間カリウムは、1) 植物根への Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ の供給過剰 (根圏土壌の分析により示された)、2) 層間の NH₄⁺ では到達できない部位へのそれら陽イオンの吸着、3) 従来必要とされてきた土壌溶液カリウム濃度より高い濃度での層間 (NH₄⁺ 非交換態) カリウムの放出、またそれに伴う層間間隔の拡大、4) 上記の過程の繰り返しによるさらなるカリウムの放出、という過程でも放出されるだろう、と我々は考えた。現在は、このような吸着の存在と層間カリウムの放出に対する必要性を証明するための実験を行っている。

報告 (第 16 回根研究集会発表要旨)

FISH 法を用いた根圏微生物解析 (2)

○土肥哲哉¹⁾・張博再¹⁾阿部淳²⁾・森田茂紀²⁾

1) 西原環境衛生研究所 2) 東京大学農学生命科学研究科

E-mail:tetsuya_doi@nishihara.co.jp

1. はじめに

根圏微生物のなかには植物の養分吸収を促進するものなどがあり、植物の生育状況を把握する上でも微生物の評価は重要である。しかし、根圏微生物の大部分は栄養培地で生育不可能な微生物(VNC)であることや生育速度が遅い等の理由から、従来の培養試験では正確な評価は難しく、迅速・簡便な試験法が望まれている。一方、最近の分子生物学の急速な発展により遺伝子レベルで直接的に微生物の解析が可能となった。本研究では分子生物学的手法の一つである FISH 法を用いて根圏微生物の解析を試みた先の研究(Doi et al. 2001)にさらに改良を行い、2種の作物で本試験法の適応性を検討した。

2. 材料と方法

2002 年 1 月 16 日に、東京大学附属農場(西東京市)の水田裏作圃場において播種後 79 日目のナタネ(農林 20 号)・小麦(バンドウセ)を深さ約 15cm までの根と土壌を含めて採取し、無菌水に浸漬後、バンドリング・水中分画および超音波処理(5min)によって根圏土壌と分画したものを供試料とした。また同圃場の作物体のない部分から採取した土壌を同様に浸漬・超音波処理したものを対照の Bulk 土壌とした。

FISH 法は以下のプロセスで実施した。

- ①シヨ糖浮遊:供試料 1mL をマイクロチューブに入れホモジナイズ処理後 PBS にて基質洗浄してからシヨ糖浮遊を行い精製・分離した
- ②試料固定:4%パラホルムアルデヒドにて 5 時間固定
- ③ハイブリダイゼーション:固定後の試料 10mL をスライドガラスに添加した後、表-1 の条件でハイブリダイゼーション実施
- ④DAPI 染色:ハイブリダイズ終了後 DAPI にて再度染色。
- ⑤検鏡: U および G 励起にて蛍光観察

表-1 ハイブリダイゼーション条件
DNA プローブ EUB338(真性細菌)

| | |
|-----------|-------------|
| ハイブリ温度・時間 | 46 °C 3hr |
| リンス 温度・時間 | 48 °C 20min |

4. 結果と考察

FISH 法による顕微鏡写真を図-1 に示す。

いずれの供試料においても、黄色の自己蛍光を発する土壌粒子の表面上に、真性細菌類が FITC の緑色蛍光で観察された。

また、真性細菌の蛍光分布はナタネ、小麦、Bulk の順に顕著であり根圏土壌の方が非根圏に比べて微生物が多いことが示唆された。DAPI 染色では全菌が青白色に蛍光染色されたのがいずれの供試料で観察された。

今後さらに本法を用いた調査事例を増やして行く必要があるが、今回の予備的研究の範囲では、超音波処理が根圏土壌の分画に適しており、FISH 法が根圏微生物相の定性的評価ができる程度に有効であると考えられる。

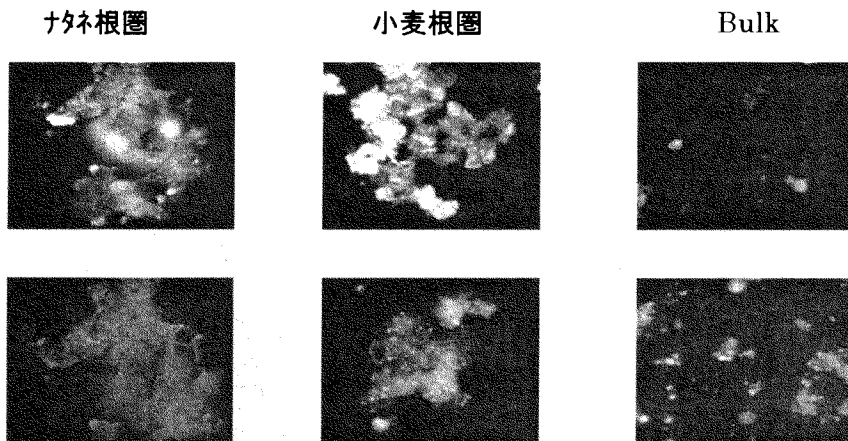


図-1 根圏微生物の蛍光観察結果(上段:FISH 下段:DAPI×1,000)

引用文献: Doi, T., Abe, J., Boran, Z., Morita, S. 2001. Proceedings of the 6th Symposium of the International Society of Root Research 11-15 November 2001. Nagoya, Japan. 430-431.

謝辞: 東京大学大学院農学生命科学研究科付属農場から材料を採取させて頂いた同農場の鷲頭登技術官、市川健一郎技術官ならびに佐々木ちひろ技術官に謝意を表します。

Key word: 根圏微生物, ナタネ, 小麦, VNC, FISH, DNA probe,

報告(第16回根研究集会発表要旨)

緑肥マメ科植物・共生根粒菌による難溶性リンの回収(予報)

信田和恵*・大門弘幸・大江真道・原田二郎

(大阪府立大学大学院農学生命科学研究科)

*e-mail: k-nobuta@plant.osakafu-u.ac.jp)

植物の多量必須養分の一つであるリンは、施用した後速やかに土壤中の活性アルミニウムや鉄に固定され、難溶性リンの形となって土壤中に蓄積する。蓄積されたリンの再利用を図るには、難溶性リンの吸収に優れた作物種を栽培することが一つの手段として考えられる。また、リン溶解土壌微生物による難溶性リン溶解作用も、土壤中リンの可給性を高める上で重要な働きである。しかし、マメ科植物の共生窒素固定細菌である根粒菌のリン溶解作用に関する知見は少ない。そこで演者らは、リン肥料代替の有機資材として可能性を持つマメ科緑肥作物の難溶性リン回収能と、その共生根粒菌によるリン溶解能に着目しているところである。

【植物体のリン回収能】 緑肥マメ科作物 *Sesbania cannabina* において、施用する難溶性リンの種類と施用量に対する生長とリン吸収量を調査した。リン処理区として $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 施用区 (Ca-P) と、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ と $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ の混合施用区 (Na-P) を設けた。施用濃度として 1.6 (P1 区)、4.8 (P2 区)、14.4 (P3 区) mg/管瓶処理区を設け、滅菌バーミキュライト (約 60ml, 14g) に混和して 126 ml 容管瓶に充填した。催芽種子を管瓶あたり 2 個体ずつ置床し、25℃、15 時間日長に制御した人工気象室で 20 日間栽培した。窒素施用については、予備実験において、根粒着生が阻害されない施用濃度 (4.08 mg/管瓶) としたところ、窒素欠乏症状が見られたため、本実験系では、やや過剰と思われる程度の窒素 (21.76 mg/管瓶) を施用した。共生根粒菌による可溶性試験の評価には、適当な窒素施用濃度を検討する必要がある。Ca-P, Na-P 両リン施用区ともに、地下部乾物重は P1 区で最も大きかったが、地上部および個体あたりの乾物重には処理区間で差は見られなかった。リン吸収量は、Ca-P, Na-P 両リン施用区ともに P3 区で最も多かったが、種子由来のリンを差し引いて求めたリンの利用率は P1 区が最も高かった。低リン濃度条件に応答した植物体によるリン回収機構が作用している可能性 (根量の増加、培地 pH の変化) が考えられた。現在、同様の手法によってリン酸アルミニウムとリン酸鉄の回収について調査を進めるとともに、*S. rostrata*, *Crotalaria juncea* を供試して、リン回収能の作物間比較を行うことを検討中である。

【土壌からのリン溶解菌の単離】 大阪府立大学附属農場の土壌よりリン溶解菌の単離を試みたところ、複数の溶解菌が認められた。すなわち、不溶性のリン酸 ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) を混合した Illmer & Schinner(1992)の培地に、それぞれの土壌抽出液 (0.2% NaCl で抽出) を画線し、27℃、暗黒条件下で培養したところ、培養 3 日目には形成された複数のコロニー周縁部に透明部位 (リン酸溶解部位) が認められた (写真 1)。これらの菌株は、その特徴から、非蛍光性のグラム陰性好気性細菌であることが確認された。今後、採取土壌の懸濁液を *S. cannabina*, *S. rostrata*, *C. juncea* に接種してそれぞれの根粒菌を単離し、得られた菌株のリン溶解活性の有無を検討するとともに、各菌株の接種が、宿主植物のリン吸収に及ぼす影響について調査する予定である。

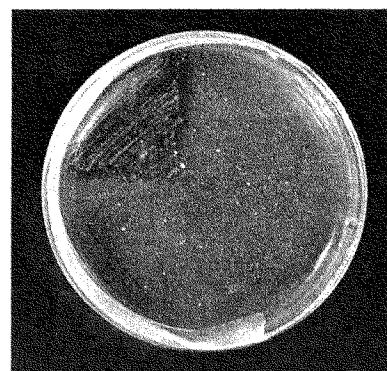


写真1 土壌抽出液より得られた菌株によるリン溶解の様相

リン吸収における植物種間比較
—異なるリン酸源に対する応答—

高相 和佳*・矢野 勝也・加藤 靖子

(名古屋大学大学院生命農学研究科)

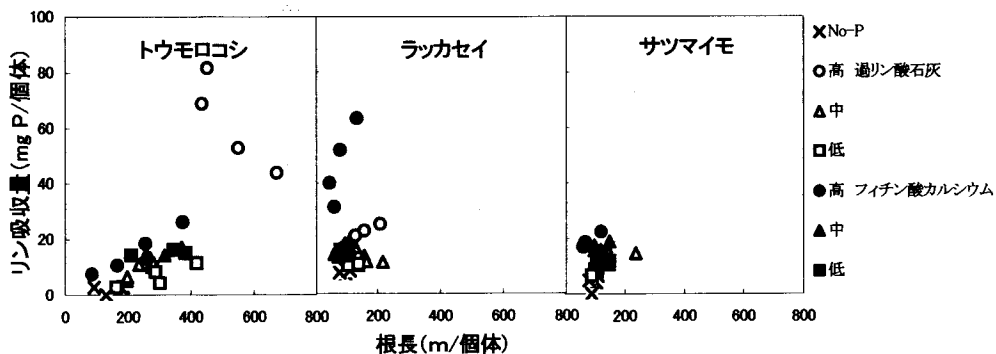
土壌中に存在するリンの 20~80%は有機態のリン酸であり、その大部分はフィチン酸として存在する。本研究では、ラッカセイ、サツマイモおよびトウモロコシを用いて、フィチン酸カルシウム利用能を比較した。

材料・方法 1/5000a ポットに黒ボク土を充填し、リン酸源として過リン酸石灰、フィチン酸カルシウムを与えた処理区と、リン酸源を全く与えなかった処理区を設けた。各リン酸源の施用は、施用量に応じた 3 つのパターン (高濃度・中濃度・低濃度) で行った。ラッカセイ (*Arachis hypogaea* L. 品種 ナカテユタカ)、サツマイモ (*Ipomoea batatas* Lam. 品種 関東 83 号) およびトウモロコシ (*Zea mays* L. 品種 Robust 30-71) をそれぞれの処理区で生育させ、播種後 32 日目にトウモロコシ、播種後 44 日目にラッカセイおよびサツマイモのサンプリングを行った。生育期間中、P 以外の養分を、Hoagland 溶液で毎週与えた。サンプリング後、各植物の根長とリン吸収量を測定した。

結果・考察 過リン酸石灰の施用量に対する乾物重の増加は、トウモロコシで最も顕著に認められた。フィチン酸カルシウムに対しては、各植物種とも施用量に応じた乾物重の増加は認められなかった。

根長とリン吸収量の関係を植物種間で比較したところ、トウモロコシでは、過リン酸石灰を高濃度で与えた場合を除き、根の長さに応じてリン吸収量も増加した。ラッカセイでは、トウモロコシと比較して、より短い根で多くのリンを吸収しており、特にフィチン酸カルシウムを高濃度で与えた場合に、単位根長あたりのリン吸収量が極めて大きくなった。これは、ラッカセイのフィチン酸カルシウム利用能が特異的に高いことを示唆している。一方サツマイモでは、リン酸源の違いによるリン吸収の反応は明確ではなかった。

以上の結果から、トウモロコシやサツマイモと比較して、ラッカセイが高いフィチン酸カルシウム利用能を有することが示唆された。



根長とリン吸収量の関係。

Sesbania rostrata における茎粒と根粒への光合成産物の分配と窒素固定芝宏子*・大門弘幸¹⁾・大江真道・原田二郎(大阪府立大学大学院農学生命科学研究科 ¹⁾ daimon@plant.osakafu-u.ac.jp)

演者らは、耐湿性が高い *Sesbania* 属植物の根系発育と窒素固定における種々の環境要因の影響について検討してきた。多くのマメ科植物では、湛水や無機態窒素の施用などの土壌環境の変化は窒素固定を抑制する要因となるが、本属植物の一種である *S. rostrata* は根粒だけでなく茎粒を形成することから土壌環境の影響を受けにくい。一般に、窒素固定には光合成産物の連続的な供給が必要とされることから、*S. rostrata* では茎粒と根粒の間でエネルギー獲得に関して競争が生じるものと考えられる。本研究では、茎粒が利用する同化産物に対する茎粒自身の光合成の寄与程度を把握し、湛水条件下における茎粒と根粒への同化産物の分配と窒素固定との関係について明らかにすることを試みた。

材料と方法： まず、茎粒で利用される同化産物に対する茎粒自身の光合成の割合について検討した。2001年4月29日に、パーミキュライトとパーライトを体積比で1:1に混合して200ml容ビニールポットに充填し、*S. rostrata* を播種した。播種後35日目に、茎粒または葉と茎を遮光して自然光下で¹³C₂O₂を5時間曝露した。次に、湛水処理が茎粒と根粒への同化産物の分配に及ぼす影響を調査するために、9月3日に、水田土壌を充填した200ml容ビニールポットに播種した後、16日目から湛水処理を開始し処理後13日目に¹³C₂O₂を曝露した。さらに、同様に9月6日に播種し、31日目に茎粒または葉と茎を5時間遮光した後にアセチレン還元活性 (ARA) を測定した。また、播種後16日目から15日間湛水処理を行い同様にARAを測定し、それぞれ同化産物の分配と窒素固定との関係について検討した。

結果と考察： ¹³C₂O₂曝露直後における茎粒の¹³C含有率は、対照区に比べて茎粒遮光区で低く、茎粒自身による光合成の寄与が示された。しかし、葉と茎を遮光するといずれの器官においても¹³Cは検出されず、茎粒による光合成は葉や茎などの同化器官と比べて著しく小さいことが示唆された。茎粒の遮光によって茎粒1mg当たりのARAが低下し、茎粒で同化された炭素が茎粒自身の窒素固定に利用されるものと推察された。しかし、葉と茎を遮光すると茎粒のARAは対照区および茎粒遮光区と比べて著しく低下し、茎粒の窒素固定には葉や茎からの同化産物の供給が重要であることが示された。湛水条件下における茎粒と根粒への同化産物の分配と窒素固定との関係について調査した結果、¹³C₂O₂曝露終了時には、湛水区と非湛水区のいずれにおいても根粒に比べて茎粒の¹³C含有率が高く、その差は湛水区で大きく、湛水条件下では特に茎粒に優先的に同化産物が分配されることが示唆された。ARAについては、非湛水区では茎粒が根粒に比べて低かったのに対して、湛水区では茎粒で高く、湛水条件下では全窒素固定量に占める茎粒の割合が高まった。

以上のように、湛水条件下では茎粒への同化産物の分配が増加し、直接的に湛水の影響を受けにくい茎粒によって窒素固定を行い、根粒による窒素固定の低下を補完することで、効率的に窒素固定を維持することが示唆された。今後は、茎粒を形成しないものの、湛水条件下での根系発育と通気組織形成が旺盛なことを確認している *S. cannabina* における同化産物の分配を明らかにし、本属植物の耐湿性機構について窒素栄養と乾物分配の視点から検討したいと考えている。

* 現在、岡山県農業総合センター 農業試験場

異なる塩分濃度の灌水がポット栽培したメロンの出液速度と
出液成分におよぼす影響豊田正範¹・森田茂紀²(¹香川大学農学部・²東京大学大学院農学生命科学研究科)E-mail: ¹anatomy@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

著者らは、メキシコ合衆国バハ・カリフォルニア州のゲレロネグロにおいて、1991-1997年に実施された「メキシコ沙漠地域農業開発プロジェクト」に参加した。このプロジェクトの目的は、点滴灌漑システムを利用して野菜と果樹を栽培する技術を開発し、移転することであった。現地の実験圃場の土壌および灌漑水は pH や塩類濃度が高かったため、作物の耐塩性に係る研究の一部としてメロンとトウガラシの出液速度と出液成分の調査を行ない（森田・豊田 2000）、根系調査の結果（森田・豊田 1998）を参考にしながら考察した。これらの事例研究を補足するために、同時にポット栽培したメロンに異なる塩分濃度の灌水を行ない、出液速度と出液成分について測定した。

材料と方法 材料は、ポット栽培したメロン (*Cucumis melo* L.) 品種 Laredo (Peto-Seed 社) である。市販の育苗土 (Terra-Lite, Grace-Sierra 社) と川砂を容積 1:1 で混合し、NPK 各成分量 15% の粒状肥料 5g を全層施肥して 1/2000a のワグナーポットに充填し、1995年9月7日にポット当たり3粒を播種した。毎日、適量 (ポット当たり 100-400mL) の灌水を行なった。本葉が3枚展開したときにポット当たり1個体に間引き、その後は支柱による1本仕立てで、ハウス内で栽培した。10月31日の夕方に、0,40,80,160mM の NaCl 水溶液を十分に灌水して、11月1日の午前8-12時および午後8-12時の間、それぞれ5-4個体について出液速度を測定するとともに、出液中のイオン濃度の測定を行なった。

結果と考察 出液速度の日変化パターンは、塩水処理によって変らなかった。昼間は塩濃度が高いほど出液速度が高く、真水を与えた場合より高くなることもあった。夜間は塩濃度が高いほど出液速度が低い傾向が認められ、いずれも真水の場合より低かった。塩濃度が高いほど出液中のイオン濃度が高い場合と (Na^+ , Cl^- , K^+ , Mg^{2+}) と、有意差がない場合 (Ca^{2+} , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) があつた。また、昼間>夜間の場合 (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) と昼間<夜間の場合 (Na^+ , Cl^-) があつた。そこで、イオン濃度に出液速度をかけて積極的に吸収されたイオン量を推定したところ、ほとんどのイオンで昼間>>夜間であつたのに対して、 Na^+ , Cl^- の両者は昼間と夜間でほぼ同量が吸収されていた。

引用文献 森田茂紀・豊田正範 (1998) 日本作物学会紀 67:353-357. 森田茂紀・豊田正範 (2000) 日本作物学会紀 69:217-223.

登熟期における出液速度の推移からみた多収性穂重型水稻品種の特性

阿部 淳*・森田茂紀

東京大学大学院農学生命科学研究科

* E-mail: abejun@cup.com

近年の多収性水稻の育種においては、穂重型の品種・系統が創出され注目されている。これらの品種・系統の多収性には、生殖成長期における乾物生産能力の高さが重要な要因のひとつと考えられる。こうした乾物生産能力の保持には、出穂後に根系が活性を保持することが重要な可能性もあり、国際稲研究所 (IRRI) が育成した New Plant Type (NPT) 系統群については出液速度の比較検討が行われ (Samejima *et al.* 2001)、日本で育成のタカナリについては根の呼吸や養分吸収と関連させつつ出液速度が調査されている (山口ら 2000, 山口ら 2002)。

一方、森田・阿部 (1999) は、農家水田で栽培されたコシヒカリなどについて、出穂後の穂の登熟と出液速度との関係を調べ、登熟の進行にともなう穂重の増加と出液速度の低下との間にきわめて密接で直線的な関係があることを示し、この穂重と出液速度との競合的關係が調査水稻の収量性によって変化することを予測した。そこで本研究では、多収性穂重型水稻品種の出穂後の出液速度と穂重の推移を調査し従来の品種と比較検討した。

材料と方法

材料として用いたのは、2000年に東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場 (東京都西東京市) の水田で慣行栽培したタカナリ (インド型多収性穂重型水稻品種)、NPTの1系統である IR65598-112-2 (日本型多収性穂重型水稻系統)、および IR72 (インド型)、日本晴 (日本型) の4品種である。出穂数日前から毎週1回ずつ、穂数、穂乾物重、茎葉部乾物重、葉色 (SPAD値)、出液速度を調査した。出液速度は午前中に稲株を高さ15cmほどで切除した切株に脱脂綿のトラップを1時間当てその重量の増分から推定した。また、出穂期に除穂処理した除穂区でも、出穂2週間後と4週間後に出液速度を調査した。

結果と考察

IR65598-112-2は出穂から収穫期まで一貫してSPAD値が高かったが、最終的な穂重はタカナリ > IR72 = 日本晴 > IR65598-112-2の順であった。

株単位での出液速度は、穂重型の2品種は出穂期に他の2品種より2-3割小さかったが出穂後はその差が明瞭でなかった。1穂当りの出液速度は出穂期・登熟期とも IR65598-112-2 > タカナリ > IR72 > 日本晴の順で大きかった。また、除穂処理区では、出穂2週間後で日本晴が、出穂4週間後ではいずれの品種も、対照区に比べて出液速度が著しく高く維持されており、森田・阿部 (1999) の結果と同様に、穂と根との競合的關係が示された。また、穂重型2品種の除穂区では出穂4週間後の方が2週間後よりも出液速度が高かった。

穂重と出液速度との関係をみると、各品種とも登熟にともない穂乾物重が増大すると、出液速度は直線的な負の相関を示して低下した。この回帰直線は、IR72と日本晴とでは、傾き・切片ともにほぼ同じであったが、これら2品種に比べてタカナリは回帰直線の傾きが異なり、穂重の増加に対する出液速度の相対的な低下が小さい傾向を示した。一方、IR65598-112-2は穂重が小さい上に、いずれの時期においても穂重に対して出液速度が他の3品種より際だって低い傾向にあり、日本の気象条件下では根の活力も穂の登熟もともに不良となる要因があるものと推察された。

以上の結果を特にタカナリに着目してみると、多収となる水稻は、出穂後に穂への蓄積を高めつつ、なお根の活性を高く維持する能力を持つことが示唆された。

謝辞：実験の遂行にご協力いただいた東京大学大学院農学生命科学研究科附属農場の鷲頭 登技術官・市川健一郎技術官・佐々木ちひろ技術官に謝意を表す。

引用文献：森田茂紀・阿部淳 1999. 日本作物学会紀事 68(別2):168-169.; Samejima H. *et al.* 2001. Abstracts of the Asian Agriculture Congress (24-27 April 2001, Manila, Philippines) pp.24.; 山口武視ら 2000. 日本作物学会紀事 69(別2):270-271.; 山口武視ら 2002. 日本作物学会紀事 71(別1):8-9.

二次元クリノスタットによる重力ベクトル平均化が
根の二次壁の発達および形態に与える影響

田中賢志、植竹裕三、唐原一郎 (富山大学・理学部・生物学科)

E-Mail: karahara@sci.toyama-u.ac.jp

植物の進化の過程においては、植物がリグニンの合成系を獲得し、その体に機械的強度を与える二次壁を発達させたことが、陸上化し1g条件下で体を支えるための重要な条件であったと考えられている。このことから二次壁の発達は重力環境と深い関わりを持つと考えられる。二次壁は一次壁と異なり、植物体の齢や植物種によって多様な形態をとる。二次壁の構造が植物体の力学的強度を付与することに関わっているならば、重力環境がその形態形成に関わっている可能性が考えられる。そこで二次壁の形態形成と重力環境との関わりを調べる第一歩として、二次壁の発達および形態を定量的に調べるための実験系を確立した。二次壁からなる構造としては、通道組織として水の溶質の通路として働く道管および、内皮の部分において水や溶質のバリアとして働くカスパリー線に着目した。二次壁の形態や発達を解析するために、組織構成がシンプルな器官である根を実験に用いた。

シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana* Landsberg erecta) を用い、まずリグニン化された構造の形態と発達を観察する簡便な方法を検討した。KOH溶液中でオートクレーブすることで一次壁成分をある程度とかすclearing法が簡便であり、良好な観察結果が得られたのでこの方法を本材料に最適化して用いた。得られた試料はホールマウントにより蛍光顕微鏡で観察するか、クロラゾールブラックEを用いてリグニンを染色し明視野顕微鏡で観察した。

重力条件としては、二次元クリノスタットを用いて重力ベクトルの方向を平均化し、二次壁の発達および形態の変化を調べた。ハイポネクスを含む水で湿らせた濾紙をペトリ皿に置き、シロイヌナズナ種子を播種し暗条件下において、垂直に立てて静置する(対照区)か、回転面を垂直にし1rpmで回転する二次元クリノスタット上(処理区)で7日間育てた。根の先端からカスパリー線あるいは道管の最先端部の位置までの距離は、構造の発達の度合いを反映する。対照区と処理区の間では、根の長さ、根の先端からカスパリー線あるいは道管の最先端部までの距離のいずれの場合にも有意差はみられなかった。これにより、重力ベクトルの平均化は二次壁の初期の発達過程に影響を及ぼさないことが示唆された。カスパリー線の形態を調べたところ、波打って見えていた。この波長をカスパリー線の最先端部の位置で測定したところ、対照区と処理区の間には有意な差は見られなかった。次に道管の形態を調べたところ、環状の形態をとっていた。道管要素の二次壁模様間の距離、道管の直径を道管の最先端部の位置で測定した。この位置における二次壁模様間の距離および道管の直径は、対照区と処理区の間では有意ではないものの、処理区においては対照区と比べて増大する傾向が見られた。根端側と根の基部において道管の直径を測定したところ、対照区においては直径が基部において有意に増大していたのに対し、処理区においては有意な差は見られなかった。このことから、道管の直径の制御には重力ベクトルの方向が関与している可能性が示唆された。

エンドウ莖のカスパリー線の発達に対するジベレリンの影響

○藤林茂隆、大江慎一郎、唐原一郎 (富山大学・理学部・生物学科)

E-mail: m022210@ems.toyama-u.ac.jp

カスパリー線は、植物の中心柱を取り囲む内皮において、隣り合う内皮細胞間の細胞壁にリグニンやスベリンが沈着した構造である。筆者らは、植物の内的・外的要因が内部組織の分化を調節する仕組みを明らかにするためのモデル系として、カスパリー線の発達に注目している。カスパリー線はアポプラストにおける物質輸送のバリアとして中心柱内外の物質の移動を制限しており、根に普遍的に形成される構造であるが、莖にも形成される場合がある。莖におけるカスパリー線の発達及び機能は、根における場合と異なる形態形成の現象に結びついていると考えられるが、よく分かっていない。エンドウ莖においては光によりカスパリー線の発達が調節され、照射光量に依存してカスパリー線の発達が停滞する事、光の質としては青色光が最も効果的であることが示唆されている。植物における光に対する生理学的反応を仲介する植物ホルモンとしては、ジベレリンが最もよく知られている。そこで本研究では、エンドウ莖におけるカスパリー線の発達の光による調節にジベレリンが関与する可能性を検討した。

まず、青色光を照射した場合のエンドウ莖においてカスパリー線の発達の停滞に外性ジベレリンが与える影響を調べた。播種後7日間暗所で育てたしたエンドウ (*Pisum sativum* L cv. Alaska) 黄化芽生えの莖に対して、フックの位置を0 mmとして下方に向かって2 mmおきに印をつけた。ジベレリンA₃ (GA₃) 溶液をフックの位置に滴下すると共に根からも与え、白色蛍光灯にフィルタを組み合わせ得た青色光を16時間照射し、照射後暗所に戻して芽生えを生育させた。様々な時間に芽生えを取り出して横断切片を作成し、蛍光顕微鏡を用いてカスパリー線を観察した。その結果、GA₃処理区においては、青色光照射対照区と比較して、莖の伸長生長が促進され、青色光照射によるカスパリー線の発達の停滞時間がわずかに短くなった。次に、ジベレリン生合成の阻害剤であるウニコナゾールを芽生えに与えて、青色光を照射し、カスパリー線の発達を調べたところ、ウニコナゾール処理区においては、青色光照射区と比較してカスパリー線の発達の停滞時間が長くなった。さらに、ジベレリン生合成に欠陥があるエンドウ矮性品種Progress No.9 (*Pisum sativum* L cv. Progress No.9) を用いて、カスパリー線の発達に対する青色光の影響を検討した。青色光処理区においてはジベレリン合成に欠陥のないアラスカ品種と比較して、伸長生長が阻害され、カスパリー線の発達の停滞時間が長くなった。

これらの結果から、光照射によるカスパリー線の発達の停滞からの回復にジベレリンが関与する可能性が示唆された。

キュウリ切断胚軸の組織癒合に関与する根導管液因子の探索

朝比奈 雅志、岩井 宏暁、鎌田 博、佐藤 忍 (筑波大・生物)

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 生物科学系 植物生理学研究室
Tel; 0298-53-4871, Fax; 0298-53-4579
e-mail; asahina@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

キュウリやトマトでは土壌病害等の回避を目的に接ぎ木がよく行われるが、その際、接ぎ木面において組織癒合・接着が起こる。以前の研究で、キュウリ胚軸を水平方向に半分程度切断すると、切断後3日目に切断面付近の細胞が細胞分裂を開始し、切断後7日目には切断面上下の細胞が互いに入り組み、切断された皮層はほぼ完全に癒合するが、子葉を切除すると、この細胞分裂が強く阻害されることが示された。この阻害はジベレリン処理によって回復することや、ジベレリン生合成阻害剤、およびジベレリン欠損変異体を用いた解析から、皮層の組織癒合過程における細胞分裂には、葉の産生するジベレリンが関与していることが示されている。

一方、根を切除すると、皮層の組織癒合にともなう細胞分裂は阻害されなかったが、切断7日目の組織癒合部の「切断面上下の細胞の入り組み」が観察されなくなった。この「細胞の入り組み」は、組織癒合部の細胞伸長・細胞壁成分の変化によって生じる現象であり、導管液中に含まれる物質の関与が予想されるが、詳細は明らかになっていない。本研究では、根導管液を通じて供給される組織癒合に関与する因子の同定を目的として、各種有機・無機物質のキュウリ切断胚軸の組織癒合に対する影響を、光学顕微鏡を用いて調査した。

根を切除した個体にみられる「細胞の入り組み」の阻害は、カボチャ根導管液およびMurashige & Skoog (MS)液体培地の投与により回復したが、導管液中のサイトカイニンの一種であるゼアチンリボシドを処理しても回復しなかった。このことから、MS液体培地に含まれる成分が「細胞の入り組み」に関与していることが予想されたので、MS培地の構成成分をそれぞれ個別に投与したところ、微量無機物質から成るミクロ成分を投与した場合に回復がみられた。さらに、このミクロ成分に含まれるホウ素を単独で処理した場合にも、回復がみられた。ホウ素は導管液中にMS液体培地とほぼ同程度の濃度で存在していることから、根から供給されるホウ素が、組織癒合過程における「細胞の入り組み」に関与している可能性が示唆された。

カボチャ根導管液に含まれるアミノ酸の変動

清水真都香、小田篤、佐藤忍 (筑波大・生物)

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

E-mail : madoka@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

地上と地下という全く異なる環境にまたがって生育する高等植物は、葉や茎などの地上部器官と地下部の根において、互いの環境情報を伝達し、制御し合っていると考えられる。根から地上部へと輸送される導管液は、土壌から吸収された水や無機イオンの他、根で合成された植物ホルモンやタンパク質などを地上部に供給することが報告されている。近年の我々の研究により、導管液中に含まれるレクチンの根における遺伝子発現が、地上部の光周期の影響を受け、リズム変動を示すことが明らかになっている。本研究では、地上部の環境変化に応答するような導管液有機物質が他にも存在すると考え、カボチャ導管液中のアミノ酸の同定と、変動の調査を行った。

培養室で 50 日間、16 時間明期/8 時間暗期の日長条件下でカボチャ導管液を採液し、含まれるアミノ酸量を測定したところ、メチルグリシン (約 1.5mM) とグルタミン (~0.5mM) が多く存在しており、グルタミンでは昼多く夜少ない傾向が見られた。一方、地上部切除後の導管液中のアミノ酸量の変動を調査した結果、グルタミン含量は変化しなかったが、メチルグリシンは地上部切除後 4 時間以降急激に減少した。またキュウリではメチルグリシンが全く存在していなかった。グルタミンは窒素源の輸送形態として導管液を介して地上部へ輸送されることが知られているが、植物体内のメチルグリシンの役割については報告されていない。一方、キュウリの導管液にはメチルグリシンが検出されなかった。そこで、キュウリ芽生えにメチルグリシンを投与し、植物体への影響を調査したところ、本葉の黄化や不定根形成阻害が見られたが、メチルグリシンと構造の類似したグリシン、ジメチルグリシン、ベタインでは影響が観察されなかった。このことから、導管を介して地上部へと輸送されるメチルグリシンが、地上部器官の生育に積極的に関与している可能性が考えられた。

「根系の形態と機能に基づくチャの耐干性機構の解明」

松尾喜義 (野菜茶業研究所茶業研究部)

〒428-8501 静岡県榛原郡金谷町金谷2769、matuok@affrc.go.jp

チャはツバキ科の低木で、ミカンなどと同様に永年生の常緑木本作物である。そのため茶樹はさし木苗を定植後約30年以上もの長期間にわたって同じ茶園の同じ茶樹が利用され続ける特徴がある。従って生産力の高い茶園を造成するためには、長期にわたる利用に耐えうる条件作りが重要で、なかでも地上部の十分な生育を支えるに足りる地下部の条件づくりが肝要である。静岡県では茶園造成の目安として、「主要根群域の深さ60cm以上」が示されているが、茶園造成時に十分な機械力が利用できなかった古い時代の茶園や地下部の状態に配慮しない茶園造成が行われた場所、条件不適地の茶園などではこの基準に達しない所も広く分布しているのが実状である。地下部の条件が不良な茶園では、十分な栽培管理を行っても生産が上がりやすく、結果的に深刻な過剰施肥に陥ったり、干ばつなどの異常気象の影響も受けやすいとみられる。

本研究では、干ばつが茶樹の根系に及ぼす影響の調査を糸口に、チャの根域の深さと生育・生産力との関係について詳しく調査するとともに、地下部の不良条件をチャの葉層表面温度から推定・評価する手法を検討し、茶樹の品種による木化根の形態的差異を明らかにし品種の環境適応性程度との関連性について検討した。この研究は現在もなお続行中で、養水分の吸収に中心的な役割を持っている白色細根の形態的・機能的特性とその品種系統間差異の理解を目指している。

1 チャの干ばつ被害状況：とくに根系の干ばつ被害の特徴

1994年と1995年の2か年は全国的に異常高温と小雨に特徴づけられる異常気象であった。全国の茶生産量も、1994年の二番茶から1996年の一番茶まで大きな影響を受けた。茶樹生育への影響も大きく、新芽の生育停止、葉枯れ、枝枯れ、株枯れが各所で多発した。

干ばつ期間中の茶株掘り取り調査から、枝枯れが発生している茶樹では太い木化根まで枯死していること、枝枯れを免れた茶樹でも初冬期の木化根へのデンプン蓄積が著しく少ないこと、干ばつで地上部や葉が発育停止状態にある場合でも地下深くの水分の残存する土層では木化根から白色細根が盛んに発生していること、葉や新芽など地上部の生育の復帰回復は比較的早いものの地下部の回復は地上部より遅れる傾向があり特に回復直後の新芽を摘採すると影響が著しいことなどの情報を得た。

2 干ばつ被害発生程度と根域の深さとの関係

上記干ばつ発生時期に、東海地方を中心に茶園で土壌貫入抵抗測定器 (大起理化DIK5520) を用いて測定した茶園の有効土層の深さと干ばつ被害程度との関係を調査し、両者が密接に関係することが多いことを確認した。土層が深くても干ばつの影響が大きい場合は、谷地形で地下水位が高い条件などであった。さらに、静岡県菊川町内で、造成工事の影響で土層深さが不均一な造成地茶園の1農区約2ha内で約50㎡ごとに有効土層の深さと越冬期の葉層の量・葉のサイズとの関係を調査し、土層の深さによる干ばつ影響程度は、30cm以浅で甚大、30~60cmでやや大、60~90で中程度から軽度、90cm以上では軽度であることを見出した (図1)。

3 チャの根群域の深さと一番茶生産力との関係

また、菊川町内の農家茶園 (野茶研技術研修卒業生松村氏茶園、約15筆) で、それぞれの茶園の土層平均深度と実測茶園面積、一番茶芽収穫量の累年記録をもとに、土層深度による一番茶生産力について調査した。有効土層の深さが60cm以上の茶園はそれ未満の茶園に比べると、平常年の生産力も大きく、干ばつ時の影響程度も相対的に軽く、干ばつからの回復も早いことが確認された (図2)。

4 晴天時の茶園熱画像による茶樹 (根系機能) の状態評価

抹茶原料用の自然仕立て茶園など特殊な茶園を除くと、普通の茶園はカマボコ状に仕立てられており、茶樹の状態を生育程度から評価するのはかなり困難である。そこで、干ばつに弱い茶園や不適切な管理で状態がよくない茶園を検出する目的で、茶園のうね表面の晴天時放射温度を測定し蒸散が衰えて表面温度が上がっている部分を調査した。静岡県牧ノ原周辺の現地茶園で観測し、斜面のレキ質土で土層がほとんどない茶園や斜面下部で上部からの浸透水で地下水位が高い

茶園（図3）、クワシロカイガラムシで衰弱した茶園などが高温に検出されることを確認した。5チャ品種による木化根の形態的差異と品種の環境適応性との関係

木化根の形態の品種間差異を茶園改植の機会を利用して調査した。実用になっていない交配母本の品種・系統では著しい形態的差異が存在することが見いだされ、実用品種でも比較的狭い範囲にあるものの明らかな差異を持つことを確認した。60年生の実生で育成された茶園で実生個体の木化根の差異を調べたところ、種子根由来の垂直にのびる長大な主根を持つ個体は全体の3割程度であり、すべての実生茶樹が長大な主根を持つとは言えないことを確かめた（図4）。日本の茶園の77%（1999年）で栽培されている主力品種‘やぶきた’の木化根の特徴は、比較的スリムな根株から、指の太さ程度で大きさのそろった分枝の少ない長い木化根が斜め方向にのびている特長がある。

6 今後解かれるべき問題

現在、茶生産で大きな課題は、窒素肥料の過剰施肥に起因する環境問題への対応である。そこで茶樹における養水分の吸収に関与する生理・生態特性を詳しく調べて肥料吸収効率の向上を図る試みがなされている。また、茶樹は強い酸性土壌でも良好に生育しアルミニウムを体内に集積する植物であることから「植物根のアルミニウム耐性メカニズムの解明」に役立つ情報が得られると期待される。講演者の目下の興味を中心は、白色根の機能評価方法の開発と白色根形態と機能の品種系統間差異にある、今後もご意見とご助言を賜りたい。

7 謝辞

本研究を進めるに当たり、根の研究者の皆さまからいただいた有形無形のご支援に厚く感謝します。とくにチャの根の研究の先達である元野菜茶試青野英也氏、故築瀬好充氏、山下正隆氏に厚く感謝します。また渡辺利通氏、岡野邦夫氏、本間知夫氏には種々のご支援をいただきお礼申し上げます。

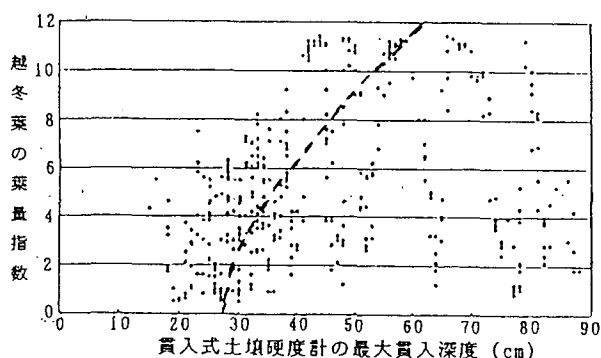


図1 越冬葉の葉量と貫入深度との関係

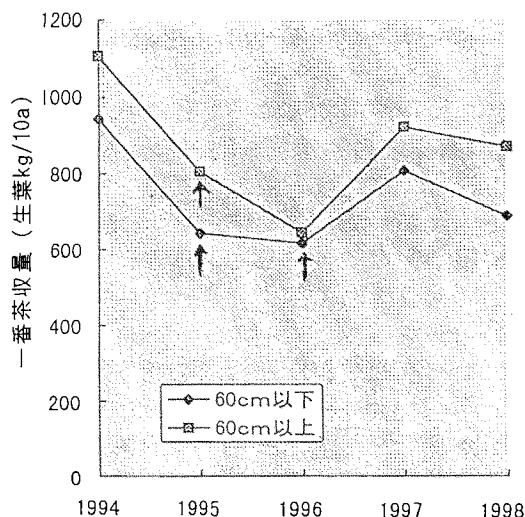


図2 根群分布域の深さ別に見た一番茶生葉収量の年次推移

注) ↑印は干ばつ年の翌春を示す。



図3 斜面の茶園地帯の熱画像

(静岡県金谷町で1998年に撮影、図中の点線で囲んだ茶園の表面温度が異常に高く、詳細に調査したところ、その茶園では劣質な砂礫層が表層直下であり、根域が著しく浅かった。)



図4 60年生実生茶園の代表的個体の根系

イネのアンモニウムトランスポーターの機能解析

池田 亮^{1,2}・園田 裕¹・斎木里文³・山口淳二¹ (1.北海道大学大学院理学研究科・

2.科学技術振興事業団・3.北海道大学大学院農学研究科) e-mail: ikeda-ak@sci.hokudai.ac.jp

【研究の背景】

窒素は植物が必要とする無機養分の中でも最も重要な栄養素の一つである。窒素源を植物が根の細胞内に取り込むには、疎水性である二分子膜を通過する必要があり、電荷を持ったイオン分子は細胞内外を自由に移動することは容易ではない。そのためイオン分子は細胞膜構成成分である膜タンパク質である「トランスポーター」の助けを借りて、体内に取り込まれている。本研究では、イネを用いてアンモニウムイオン (NH_4^+) を輸送するアンモニウムトランスポーター (Ammonium Transporter; AMT) に着目して解析を行った。

【方法および結果】

§ 1・イネのAMT遺伝子の単離

シロイヌナズナで単離されているAMT遺伝子を手がかりとし、イネのE.S.T.の相同性検索および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った。その結果、3つのAMT遺伝子群が得られ、これらをそれぞれOsAMT1;1、OsAMT1;2およびOsAMT1;3と命名した。これら遺伝子の塩基配列を決定したところ、ORFがそれぞれ1497 bp、1491 bpおよび1497 bpであった。シロイヌナズナのAMT遺伝子であるAtAMT1;1とOsAMT1;1、OsAMT1;2およびOsAMT1;3の塩基配列から推定されるアミノ酸配列を比較したところ、それぞれ66.3%、65.7%および70.3%の相同性が見られた。OsAMT遺伝子群から推定されるアミノ酸配列の構造解析の結果、11回の膜貫通ドメインを持った膜結合タンパク質であることが推測された。また酵母AMT欠損株を用いた相補実験の結果、OsAMT遺伝子族の翻訳産物が NH_4^+ の取り込み機能を有している事を確認できた。

§ 2・OsAMT遺伝子群の発現様式

OsAMT遺伝群の組織および基質に依存した発現様式を検討するため以下の解析を行った。窒素欠乏状態のイネ幼植物体を、①窒素源を含まない処理区 (-N) ②0.3 mMの硫酸アンモニウム添加区 (+ NH_4^+)、③0.3 mMの硝酸カリウム添加区 (+ NO_3^-)、のそれぞれの処理区で栽培し、それぞれの植物体を茎葉部と根に分類し、全RNAを抽出後ノーザン解析を試みた (図1)。その結果、OsAMT1;1は茎葉部および根のいずれにおいても発現が認められた。また根において NH_4^+ の添加によって発現量の増大が見られるが、すべての処理区において恒常的な発現が認められた。これに対

し、OsAMT1;2は根に特異的に発現し、 NH_4^+ によってのみ誘導された。またOsAMT1;3は根で発現し、窒素欠乏状態で発現が最も強く、 NH_4^+ および硝酸イオン処理区では発現の減少が認められた。

【考察】

植物における窒素の取り込みには、最初に土壌中の NH_4^+ を根の細胞内に取り込む『primary assimilation』と、既に植物体内に存在するタンパク質などの分解によって生じた NH_4^+ を別の細胞内に取り込む『recycle』といった二つの輸送体系が考えられる。OsAMT1;1が根だけでなく、地上部にも発現が認められた事から、OsAMT1;1が『recycle』に関与している事が示唆され、葉の老化や光呼吸時に大量に放出される NH_4^+ を窒素固定能力のある細胞に輸送しているものと考えられる。

またOsAMT1;2およびOsAMT1;3は根にのみ発現していた事から、両者は『primary assimilation』に関与している事が示唆される。OsAMT1;2は NH_4^+ 特異的に発現が誘導された事から、生育環境に NH_4^+ が豊富に存在するときその取り込みを行っている事が考えられる。これに対し、同じく根で特異的に発現するOsAMT1;3では、窒素欠乏時に強く発現し、OsAMT1;2とは異なる現象が確認された。またOsAMT1;3の発現は硝酸イオンにも応答を示した事から、植物体内の窒素栄養状態を反映して発現が制御され、窒素栄養不足時における NH_4^+ 取り込みに関与している事が考えられた。これらの異なる発現パターンは、地表に固定され自ら動くことの出来ない植物にとって環境の変化、すなわち、土壌の窒素栄養状態の変化に適応するため、発現を異にするAMTを使い分けている事によるものと考えられる。

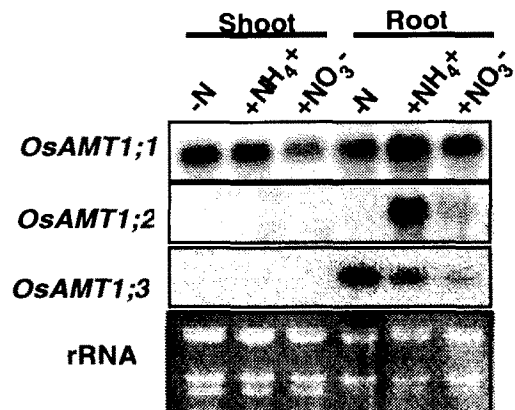


図1 OsAMT遺伝子群の組織及び基質特異的発現

突然変異体を利用したイネの根系形成機構の研究

犬飼 義明 (名古屋大学生物分子応答研究センター)

e-mail: inukaiy@nuagr1.agr.nagoya-u.ac.jp

作物の根系形成過程には多数の内的、外的要因が関与しているが、作物が土壌資源を効率的に獲得し生産性を高めるためには、地上部諸形質の改良のみならず根系構造の改良が極めて重要である。そこで、作物の地下部を構成する個々の根の発育過程がどのような遺伝子によって支配されているのかを明らかにするために、根の形成に関与すると思われるイネ突然変異体の作出、選抜を試みた。その結果、台中 65 号の MNU (*N-methyl-N-nitrosourea*) 受精卵処理後代、および Blue Rose の γ 線処理後代から計 8 系統の単因子劣性遺伝子変異に起因する突然変異体を得た。

これらの変異体と、これまでにその作出が報告されている種子胚中に幼根の分化が認められない *radicleless* (*ral*) 変異体 3 系統を用いて交雑実験を行い、それらの変異形質を支配する遺伝子の対立性を検討した。その結果、種子根の発生に関わる遺伝子座が 2 座 (*RADICLELESS1* (*RAL1*), *RAL2*)、冠根の発生に関わる遺伝子座が 2 座 (*CROWN ROOTLESS1* (*CRL1*), *CRL2*)、および種子根の伸長に関わる遺伝子座が 3 座 (*REDUCED ROOT LENGTH1* (*RRL1*), *RRL2*, *RRL3*) 存在することが判明した。

これらの突然変異体の中から根系形成の初期段階である根の発生・分化に関与すると思われる変異体に注目し、変異体の形態的特徴、および交雑後代で得られる二重変異体を用いて変異遺伝子間の相互作用性を調査した。その結果、*RAL1* および *RAL2* は幼根が分化する胚の領域形成過程に対して直接あるいは間接的に制御する遺伝子座であり、また *CRL1* および *CRL2* は冠根原基の発生、および形成後の生長過程に関わる遺伝子座であることが明らかとなった。

次に、根の伸長過程における遺伝支配の実態について、*rrl1*, *rrl2-1*, および *crl2* 変異体を用いて解析した。その結果、*RRL1*, および *RRL2* は根軸方向への細胞の伸長、あるいは増殖過程において促進的に作用し、逆に *CRL2* はこれらの過程に対して抑制的に作用する機能を持つ遺伝子座であり、それらに座乗する遺伝子が互いに競合的に作用することによって根の伸長量が決定されることが示唆された。

さらに、短根性の発現が生育環境に依存する *rrl3* 変異体の変異形質発現の機作について調査した結果、本変異体は機械的ストレスに対し最も鋭敏な応答性を示すことが判明した。また、正常な根が機械的ストレスにさらされた場合には細胞の伸長抑制と細胞増殖の低下が同時に起こるのに対し、本変異体の短根化の原因は後者のみであったため、*RRL3* は機械的ストレス下において、根端分裂域の細胞増殖過程を特異的に制御する遺伝子座であると考えられた。

キュウリ根の産生する導管液タンパク質に関する研究

作田 千代子

筑波大学大学院生物科学研究科
(現在、植物工学研究所)
神奈川県横浜市青葉区鴨志田1000
株式会社 植物工学研究所
E-mail; 5505264@cc.m-kagaku.co.jp

高等植物は、根や茎葉などの諸器官からなり、維管束はこれらの器官を結ぶ通道組織である。この維管束は篩部と木部からなり、その主な構成要素である篩管は地上部から地下部へ、導管は地下部から地上部への物質輸送の経路を形成する事により、個体全体としての発生や生理状態の維持に貢献していると考えられる。導管は、分化した後に死んだ木部細胞の細胞壁から成る細胞外空間で、この内部には導管液が流れており、この液体は導管を通じて植物体内に行き渡り、植物体の全ての細胞に供給されている。

近年、カボチャの導管液には1ml中 18.6 μ gものタンパク質が含まれており、SDS-PAGE にかげ銀染色を行うと、約30本ものバンドが確認できることが見出された。導管液には、従来、無機イオンや低分子有機物質のみが含まれると考えられてきており、導管液中のタンパク質のうち、同定されたものはペルオキシダーゼのみであった。そこで本研究では、根や導管の個体機能における新たな役割を見出すことを目的に、まず導管液中を流れるタンパク質の正体を明らかにし、次にその産生部位の同定およびその輸送される部位とその存在様式の解明と機能の推定を行った。

研究材料として、比較的多量の導管液を採取する事が出来るウリ科植物のキュウリ(霜不知地這)を用いた。導管液は、播種後約30日間栽培したキュウリの茎を、地面から20cm程度のところで切断し、根側の切り口から滴る液を氷上にて採取した。これらを用いてキュウリ導管液タンパク質遺伝子群のクローニングを行い、根でのみあるいは根で非常に強く発現しているもの8種類(Xylem Sap Protein(XSP)-1, 4, 5, 6, 9, 10, 15, 16)をノーザンハイブリダイゼーションによる発現解析によって選抜し、その後の研究には、根での発現が特に顕著で、分泌タンパク質の可能性の高いGlycine-Rich Proteinをコードしていると考えられる、Cucumber Root Specific Glycine Rich Protein(CRGRP)を選んだ。

CRGRPは、分泌シグナルを有し、グリシンリッチドメインを持つが、そのグリシン含量は細胞壁タンパク質よりは低いため、既知の細胞壁タンパク質とは機能的に異なっている可能性が考えられた。

CRGRPsをプローブとした*in situ* hybridizationにより、発現組織の特定を行ったところ、主根の根毛帯では、導管を囲む維管束柔組織細胞において、特に強い発現がみられることが判明した。またそれよりやや先端部では中心柱内の柔組織細胞全体で発現しており、根の基部での発現は認められなかった。以上の結果から、CRGRPsは、根の根毛帯の柔組織細胞で特異的に合成され、細胞外に分泌された後、根内における水の流

れに乗って導管中に転送されることが考えられた。

次に導管中の CRGRPs が植物体中のどの組織に転送され、どのような存在様式を示すかを明らかにするため、以下の実験を行った。

大腸菌の発現系を利用して抗 CRGRP 血清を作製し、これを用いた Immunohistochemistry によって CRGRPs がどの組織に蓄積しているかを調べたところ、葉、茎、根の導管の壁にシグナルが検出された。また、茎の perivascular fibers (つる性の植物に存在する維管束を取り囲む厚膜細胞) の細胞壁にもシグナルが確認された。

glycine を多く含むタンパク質は、動物の毛や皮膚のケラチンのように分子間結合により不溶化する性質を持つものが多く、導管液に対して行った抗 CRGRP 血清による Immunoblotting において、CRGRP に相当するバンドより高分子側がスメアーになっていたが、これも CRGRP の分子間相互作用の存在を示唆していると考えられる。また、CRGRP の局在が見られた導管の壁と perivascular fiber の細胞壁はフルオログルシン塩酸塩でよく染まることから、ともにリグニン化しており、高い物理化学的強度を有する部位と考えられる。glycine を多く含む CRGRPs も、ケラチンの働きと同様に、これらの壁の強度を保つことに関係している可能性が考えられる。

以上の研究から、glycine を多く含むタンパク質が、根の維管束内の特異的な組織で合成され、水の流れるにつれて全身に輸送され、導管の壁や perivascular fiber の細胞壁の補強と維持に役立っている可能性が示された。導管は死んだ細胞の壁から成り立っており、植物体内での水の流れは、絶えず導管から外側へ向かっていることを考えると、導管の壁を維持・補強するのに、導管の周りの細胞が寄与することは考えがたく、導管液の流れを用いた本システムは、理にかなっていると考えられる。

<参考文献>

1. 著者：作田千代子、小田篤、山川清栄、佐藤忍
題名：Root-Specific Expression of Genes for Novel Glycine-Rich Proteins Cloned by Use of an Antiserum against Xylem Sap Proteins of Cucumber.
掲載雑誌：Plant Cell Physiology 39; 1330-1336, 1998
2. 著者：増田進、作田千代子、佐藤忍
題名：cDNA Cloning of a Novel Lectin-Like Xylem Sap Protein and Its Root-Specific Expression in Cucumber.
掲載雑誌：Plant and Cell Physiology 40; 1177-1181, 1999
3. 著者：作田千代子、佐藤忍
題名：Vascular Tissue-Specific Gene Expression of Xylem Sap Glycine-Rich Proteins in Root and Their Localization in the Walls of Metaxylem Vessels in Cucumber.
掲載雑誌：Plant and Cell Physiology 41; 627-638, 2000

パーソナルコンピュータを利用した画像解析による根量把握

木村和彦 (東北大学大学院・農学研究科, kimura@bios.tohoku.ac.jp)

植物根の長さや直径は基本的な量であるが、その正確な測定は困難であった。画像解析は有力なツールとなり得るが、一般的な画像解析方法を試したところ精度が悪く、新たな画像解析方法を模索してきた。その結果、水稻の一次根と二次根のそれぞれの長さや直径を求めることができるようになった。

開発したプログラムは、NIH の Wayne Rasband 氏が Macintosh 用に開発したフリーの画像解析ソフト NIH Image のマクロ言語を使って記述した。この画像解析ソフトは windows にも移植されているため、windows でもほぼ同じように測定できる。

1. 長さの測定

これまでの長さを求めるアルゴリズムは、測定対象物が完全にランダムに—すなわちあらゆる方向に均一に—配置されていることを前提としている。しかし、実際には完全にランダムに配置することは困難であり、誤差の主な原因となっていた。従って、配置による影響が少ない方法を考える必要があると考えた。

一本の直線 AB の長さは、AC の長さや BC の長さからピタゴラスの定理で求めることができ、図 1(1),(2)に示したように、縦横の連結数 N_o と斜めの連結数 N_d から、

$$L = (N_d^2 + (N_d + N_o)^2)^{1/2}$$

で求めることができる。

二本の直線 AF,FB の長さの合計を N_o と N_d から求める方法を図 2(3),(4)に示した。もし、上の式をそのまま適用すると、直線 AB の長さを求めることになり明らかに過小評価である。一方 AD と DB の長さの和は、フリーマンのチェーンコード長さと呼ばれるもので過大評価である。そこで、BD 上の点 E を考えて AE と EB の長さの和で AF と FB の長さの和で表わすこと思いついた。この考え方は、本数が二本以上にも適用できる。そこで、 m をモンテカルロ法により発生させたランダムな直線 1000 本に基づいて 0.5 とし、

$$L = (N_d^2 + (N_d + N_o/2)^2)^{1/2} + N_o/2$$

の式で長さを求めることにした。

この式を用いて計算した一本の直線の誤差はこれまでの方法に比べて大幅に減少し、誤差は 0~+3% である。このことは、実際上配置をランダムにする必要性がないことを意味し、従来の根をランダムに配置する必要性が無くなったため、並べる手間は楽になる。なお、誤差をさらに小さくするには縦か横あるいは斜め 45 度に配置すればよく、サンプルが少数の場合に有利である。

また、この方法では交差を直接カウントしているため、交差による過小評価が通常は無視できるほど少ない。

2. 直径の測定

図 2(1)に直径の考え方を示した。D が求める直径であり、これを I から求める方法を考えた。θ を 0~π/4 の範囲でランダムにとると考えることで、 $D = 0.891I$ で求めることができる。I は図 2(2)に示したようにエッジ消去の回数から求めることができる。この方法を根に適用し、エッジ消去した画像毎に長さを求めることで、直径毎の長さを求めることができるようになった。

しかし、この方法で求められる直径の精度は配置の角度の影響を受け、同一の直径のものでも角度により見かけ上多少異なった直径をもつことになる。そこで、角度の影響を受けない方法をさらに追求した。新しい方法では、根の画素を最も近い背景までの実際の距離に応じて消去することにし、そのためのフィルター処理の行列を 20 個作成した。このことにより、300 dpi の画像で直径が 1.98 mm までの直径ごとの長さをほぼ正確に測定できるようにした(図 2(2))。また、これにより直径ごとの長さをより正確に求めることができた(図 3)。

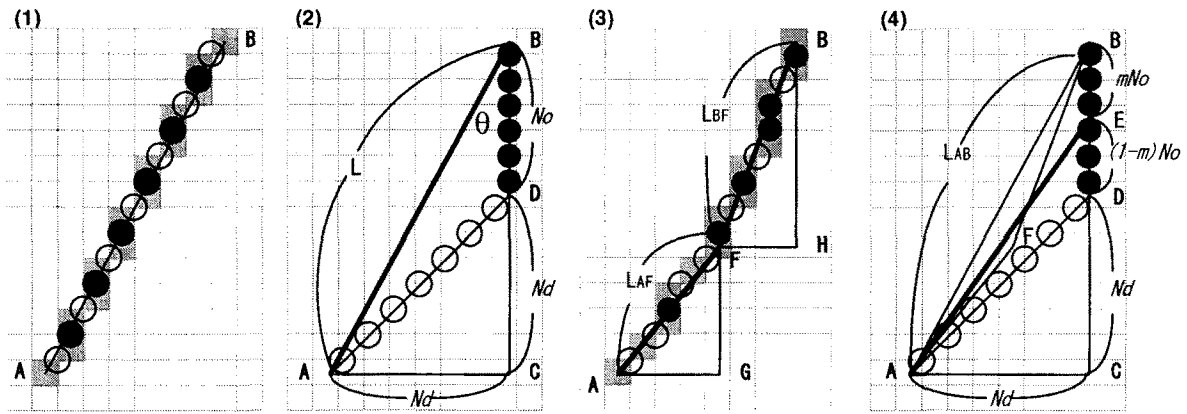


図 1.長さの計算

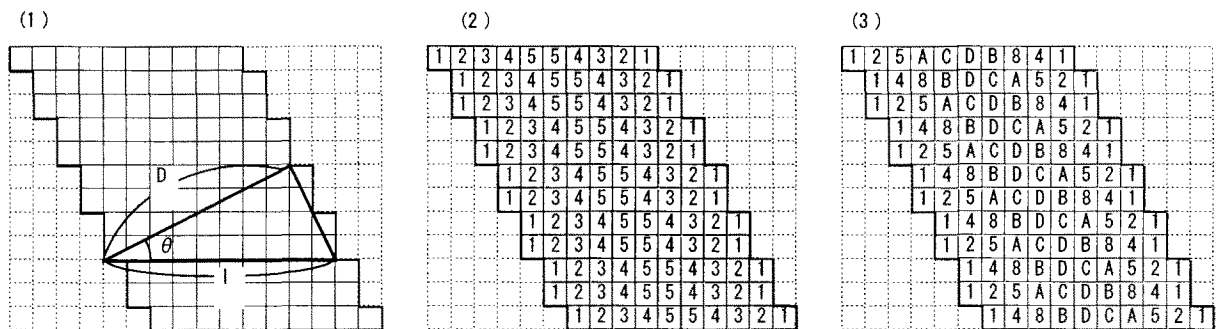


図 2.直径の計算

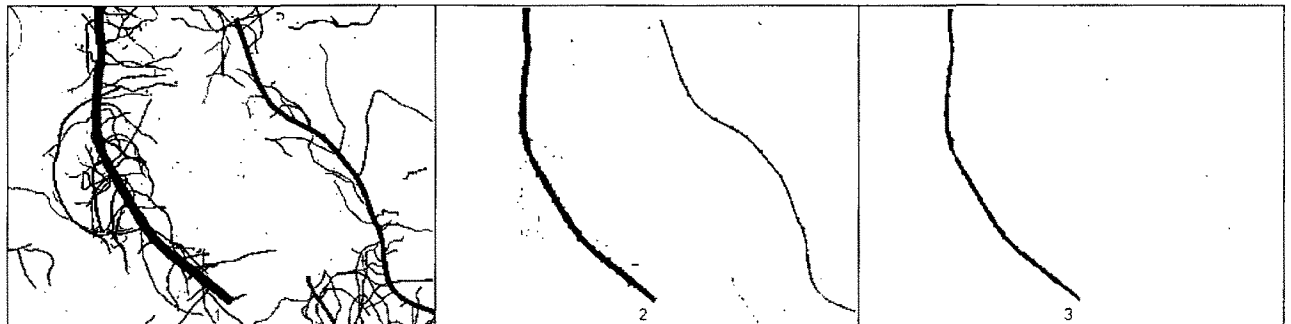


図 3.直径による根の分離

主な文献

1. K. Kimura, S. Kikuchi and S. Yamasaki, Measurement of root length and width using image analysis system. p. 683-684. In T. Ando et al. (ed.) .Plant nutrition - for sustainable food production and environment., Kluwer Academic Publishers(1997)
2. K. Kimura, S. Kikuchi and S. Yamasaki, Accurate Root Length Measurement by Image Analysis. 117-127, Plant and Soil: 216 (1999)
3. K. Kimura and S. Yamasaki, Root length and diameter measurement using NIH Image: application of the line-intercept principle for diameter estimation. 37-46, Plant and Soil: 234 (2001)
4. 木村和彦, 画像解析による根長と根の直径の測定—その 1. 実践編—, 根の研究,第 7 巻 第 1 号, 8-11(1998)
5. 木村和彦, 画像解析による根長と根の直径の測定—その 2. 理論編—, 根の研究,第 7 巻 第 2 号, 32-35(1998)
6. 木村和彦, 植物の根に関する諸問題 [66] —画像解析による根の定量化の最新情報—, 農業および園芸, 第 74 巻 第 1 号, 54-60(1999)