

「根ワークショップ」開催報告

本間知夫

野菜・茶業試験場茶栽培部 E-mail: homma@tea.affrc.go.jp

11月19日午後(13:00~18:45 含む懇親会)、静岡県金谷町の農林水産省野菜・茶業試験場会議室にて、根に関するワークショップを開催致しました。

【ワークショップ開催に至る経緯】

野菜・茶業試験場では、今年度「根における環境認識機能の解明に関する研究」という課題を遂行中で、その一環でスロバキア・コメニウス大学の Alexander Lux 先生、名古屋市立大学の谷本英一先生を金谷に招聘致しました(写真1)。両先生、そして両先生と共同研究を行なっている東京大学の森田先生、阿部先生にも話題提供を依頼し、さらに研究課題参画研究室の担当者にも参加・話題提供を要請し、招聘した二人以外は皆手弁当での参加にもかかわらず快諾下さり、本ワークショップ開催となりました。ワークショップの案内は本誌、根研究会ホームページで行うと共に、滋賀で行われた第12回根研究集会の懇親会の席でも紹介させて頂きました。また静岡県内の大学、試験場、企業の研究所、近県の試験場にも案内を送付しました。

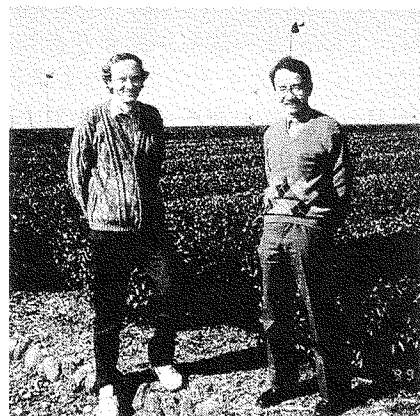


写真1 野菜茶試茶園にて
左: Lux 先生 右: 谷本先生

【プログラム】

当日は以下のようなプログラムでワークショップが行われました。

- 13:00-13:05 野菜・茶業試験場・木下茶業研究官挨拶
<座長> 森田茂紀(東京大学大学院)
- 13:05-13:40 Alexander Lux (スロバキア・コメニウス大学理学部)
「Preliminary Study of Tea Root Anatomy」
- 13:40-14:15 谷本英一(名古屋市立大学自然科学研究教育センター)
「根の生長と細胞壁粘弾性変化-チャの根の場合」
<座長> 松尾喜義(野菜茶試・茶栽培部)
- 14:15-14:50 森田茂紀(東京大学大学院農学生命科学研究科)
「出液速度によるイネ科作物の根系機能の評価と環境応答」
阿部 淳(東京大学大学院農学生命科学研究科)
「陸稲の耐乾性と根系構造 - 個根の形態的特性に着目した解析の試み」
- 14:50-15:00 休憩
<座長> 阿南豊正(野菜茶試・茶栽培部)
- 15:00-15:15 中野明正(野菜・茶業試験場施設生産部環境制御研究室)
「施設生産土壌におけるストレス緩和技術と根系の反応」
- 15:15-15:30 坂本有加(野菜・茶業試験場施設生産部栽培システム研究室)
「養液栽培における湿気中根の機能」
- 15:30-15:45 本間知夫(野菜・茶業試験場茶栽培部作業技術研究室)
「チャの根の電気的特性計測と環境応答」
- 15:45-16:00 大山直美(野菜・茶業試験場花き部開花制御研究室、科技庁特別研究員)
「チャにおけるジベレリンの解析」
- 16時過ぎ~ 場内案内(案内役:本間)・・・噴霧耕装置によるチャの栽培
- 17時過ぎ~18:45 懇親会(本館会議室)

【ワークショップの様子】

講演者及び事前に参加申込みの連絡を受けた人は計 27 人でしたが、当日試験場の人が数名飛び入りで参加したようで、結局約 30 人弱の参加者がありました。そんなに大きくない会議室がきっちりと埋まり、ワークショップを企画した私としてはまずはホッと致しました（写真 2）。

プログラムに従い、当試験場の茶の研究の総括者である木下茶業研究官の挨拶の後、東大・森田先生を座長に、Lux 先生の講演が始まりました。各講演の要旨は後のページにまとめてありますので御参照下さい

。ただ Lux 先生の要旨はチャの根の形態について、ここ金谷に滞在中に行なった仕事をまとめてありますが、実際の講演ではそれに先立ち、スロバキアで取り組んでいる重金属汚染の解決に植物の利用が期待されているという Biomederation の話しや以前鳥取大に半年間滞在したときのソルガムの耐乾性の話しもされました。続いて谷本先生による講演で、細胞壁粘弾性測定についてわかりやすい解説を交え、エンドウでの結果と比較させながらチャの場合について紹介頂きました。当初、外から来て頂く先生方には一人当たり 35 分の時間を割り振ったのですが、それでも内容が豊富で足りないくらいでした。さらに、東大の森田先生・阿部先生は当初どちらかにお話頂くつもりが、最終的にはお二人にそれぞれ話して頂くことになりました。しかし時間はそのままお二人で 35 分と大変短い時間で我慢して頂かざるを得なく、企画者としては大変申し訳なかったと反省しております。豊富な内容、質疑応答で時間通りには進まず、10 分ほどオーバーして休憩に入りました。休憩後は、冒頭でも書きました野菜・茶業試験場で遂行中の課題に参画している研究室の担当者が、それぞれの研究内容・進展状況を手短かにまとめて話しました。

全般的に時間を短めに設定した点については、内容が多彩なため散漫にならないようにと思つてのことだったのでした。しかし根・環境応答というキーワードで、そして 8 講演中 4 講演がチャに関する話しということで意外とまとまり・つながりが多く、根の研究分野の第一線で活躍されている先生、そして野菜茶試の若手（筆者を除く）の生きのいい話しをまとめて聞くには、今から考えるとちやほり時間が短かったなと反省します。

【見学&懇親会】

懇親会は 17 時から同じ会場で行いましたが、その会場設営の間、私中間が現在手がけている噴霧耕装置（ミストチャンバー）によるチャの苗の栽培とその根を希望者に紹介し、見て頂きました。

懇親会には 17 名の方の参加を頂き、盛況に終わりました（写真 3）。あいにく試験場を出る最終バスが 19:00 と早く、最後に Lux 先生に挨拶を頂いて早めのお開きとなりました。しかし Lux 先生、谷本先生、森田先生、阿部先生は隣の島田市で同じホテルでしたので、場所を代えて続きを行なったようです。

【ワークショップを終えて】

今回、Lux 先生・谷本先生を同じ時期に招聘できた機会を利用し、交通の不便な静岡県金谷町で、充実したワークショップを開くことが出来たこと、しかもチャの話題も多く金谷ならではの特徴が出せたものができ、大変嬉しく思っております。これもひとえに、各先生方と同僚、そして忙しい中わざわざ時間を割いて参加下さった方々のお陰と感謝しております。来年春の第 13 回根研究集會も同じ金谷の野菜・茶業試験場で行われます。多くの方々の御参加・御来場をお待ちしております。



写真 2 会場の様子



写真 3 懇親会の様子

Preliminary Study of Tea Root Anatomy

Lux,A.¹, T.Homma², S.Morita³, J.Abe³ and E.Tanimoto⁴

¹Comenius Univ.,Slovakia; ²NIVOT;

³The Univ. of Tokyo; ⁴Nagoya City Univ.

Tea is an important plant for the production of refreshing drinks. Tea plants (*Camellia sinensis*) are evergreen and long-living shrubs which are mostly propagated by stem cuttings. Because the knowledge of tea root anatomy is quite limited, we have studied the structure of seminal and adventitious roots grown under different conditions. Seeds of tea cultivar Yabukita were grown in perlite in greenhouse. Cuttings of the same cultivar were planted in the field, hydroponic-cultured in the greenhouse and grown in the mist chamber. Roots of those materials were fixed by glutaraldehyde - osmium tetroxide for light microscopy. The samples were embedded in Spurr resin and 1 μ m thick sections were made to stain with toluidine and basic fuchsin. For histochemistry berberine - toluidine blue and fluorol yellow were used to visualize Casparian bands and suberin lamellae, respectively. The sections were observed and pictured by Olympus Vanox-T microscope. Seminal and adventitious roots of tea plants have distinct anatomy. Seminal roots are thick and they have an extensive parenchymatic pith. Root hairs are present and Casparian bands are developed both in exodermis and endodermis close to the apex. Adventitious roots are thin, with 3-4 poles of xylem and phloem and without pith. No root hairs are formed under any growing conditions. Casparian bands were developed very close to the root apex. Endodermal Casparian bands were formed at 0.1, 0.2, 0.5 cm from the root tip in soil, mist and hydroponic culture respectively. Suberin lamellae formation occurred at 1, 5, and 5 cm, in these conditions respectively. Exdodermal Casparian bands were developed at 0.1 cm in soil, 0.1 cm in mist culture and 0.2 cm in hydroponis culture. Such development of functional exodermis sooner than endodermis in tea roots is quite exceptional. This early development of apoplastic barrier close to the root tip is supposed to play an important role in regulation of radial transport in tea roots.

Acknowledgement: One of the authors (A.L.) acknowledges hospitality extended by NIVOT during his stay in Kanaya.

根の生長と細胞壁粘弾性変化 -- チャの根の場合

1) 谷本英一, 2) 松尾喜義, 2) 本間知夫, 3) Alexander Lux ,
4) Miroslava Luxova

1) 名古屋市立大学・自然科学研究教育センター・2) 野菜・茶業試験場
3) Comenius University(Slovakia), 4) Inst. Botany(Slovak Acad. Sci.)

Root growth and viscoelastic properties of cell walls in white roots of tea (*Camellia sinensis* cv. Yabukita)

Eiichi Tanimoto¹⁾, Kiyoshi Matsuo²⁾, Tomoo Honma²⁾, Alexander Lux³⁾,
Miroslava Luxova³⁾

1) Institute of Natural Sciences, Nagoya City University

2) National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

3) Comenius University, Bratislava, Slovakia

4) Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

茎や根の伸長生長を最終的に制御するのは細胞壁の伸展性であると考えられている。近年筆者らは、クリープ粘弾性計測法によりエンドウの根を用いて細胞壁の伸展性を物理学的な粘弾性パラメータとして表現する方法を確立した。根の細胞壁の伸展性研究はエンドウやトウモロコシ・イネなど草本植物の柔らかい根の研究が多く、木本植物の研究は少ない。今回我々は、木本植物である茶の白色根について、根端部の組織形態と細胞壁の伸展性の研究を開始した。本発表では、植物ホルモン・ジベレリンによる根の生長制御と形態制御に伴う細胞壁粘弾性の変化を計測し、根の生長と細胞壁の関係を物理学的に調査した。また、酸性pHに対するチャの根の細胞壁の反応をエンドウ等と比較した結果もあわせて報告する。

本研究の目的は、木本植物の根に関する知見を得ることのほかに、酸性条件でもよく生長する茶の根の細胞壁が酸性pH下でどのような粘弾性を示すかを計測し、根の細胞壁のpH応答性の仕組みを明らかにすることである。さらに、植物ホルモン・ジベレリンはエンドウなどの草本植物の根の伸長と形態構築に重要な役割を果たしていることが分かっているので、チャの根についてもジベレリンの役割を検討した。これらの研究のために、NK式循環水耕槽を用いた水耕栽培法を確立し、蛍光灯下で数カ月にわたってチャの挿し木苗を栽培し、根の生長を観察・採取するシステムを構築した。循環式水耕法は、従来のエアバブル式の水耕法より安定した苗の育成ができた。

植物材料：97年6月と98年6月に挿し木から不定根を誘導し、小西の水耕培地で約一ヶ月栽培し、発生した白色根の先端部10mmを切除し、定法により顕微鏡標本および細胞壁伸展性解析用試料を作成した。また、ジベレリン合成阻害剤として

Ancymidol 3 μ M, およびGA₃ 1 μ Mで根を10日間処理した。10日後、根端部10mmを採取しメタノール固定して細胞壁粘弾性を計測した。細胞壁の伸展性計測に当たっては出来るだけ根端部に近い部分を計測するため1-4mmの部分で計測した。根の切片一本毎に1-4mmの先端部と基部の直径を計測し、その平均直径を求めた後、酸面積を計算した。荷重は根の断面積mm² 当たり10gの荷重で計測した。細胞壁の粘弾性計測と伸展性計測は、山電製クリープメータRE2-33005を用いた。粘弾性解析は、Kelvin-Voigt-Bergerの6要素モデルを用いた。

結果と考察： 根端部組織構造には特異な構造は認められなかったがエンドウなどと比べて根端部伸長帯の細胞長の勾配が急で若い伸長帯が短いことが観察された。メタノール固定後の細胞壁を、pH 6の緩衝液中で細胞壁の伸展性を計測し、pHを4～3に低下させたときの細胞壁の反応を計測したところ、伸展性に大きな変化は観察されなかった。エンドウやトウモロコシでは、同じ条件で大きな伸展性増加が認められ、酸性pH条件での細胞壁粘弾性の変化は、粘性率の低下が大きな要因であることが判明しているが、茶の根では、これらとは異なる結果が得られた。酸性pHに対する反応性の違いが、何に起因するのかはまだ不明であるが、実験試料調製条件を含めた検討が必要と考えている。しかし、茶の根は、水耕栽培で酸性pH下でよく生長するので、酸性を嫌うエンドウなどの根と対比しながら酸性環境への細胞壁の反応機構を考えることは興味深い。

続いて、ジベレリンの効果を調べるために、Control, Ancymidol, GA₃, Ancymidol+GA₃の4種の処理区から根を採取しそれらの細胞壁の粘弾性を比較した。6種の粘弾性係数のうち、弾性率E₀と粘性係数 η_0 が最も大きく変化した。Ancymidolによって2つのパラメータが40～50%増加し、伸展性が減少することが分かった。GA₃は単独でこれらのパラメータを60%程度に低下させた。さらに、Ancymidol+GA₃処理では、ほぼGA₃単独処理と同じ値を示した。この結果は、エンドウなどで見つかっているジベレリンおよびアンシミドールの効果とほぼ一致する結果であった。そのたの係数E₁, E₂, η_1 , η_2 については、Ancymidol単独ではほとんど効果がなかったが、GA₃単独処理とAncymidol+GA₃処理ではすべての値が減少し、細胞壁が伸びやすくなっていることを示した。以上の結果から、ジベレリンはチャの白色根に対してエンドウなどの草本植物とほとんど同じ役割を果たしていることが細胞壁粘弾性の係数の挙動からも明らかになった。しかし、酸性pHに対する反応が異なるため、酸生長に関与するExpansinやカルシウム架橋に関与するペクチンの役割を検討する必要性が生じた。今後、酸性pHおよびアルミニウムに対して強い耐性を示すチャの根の特徴を細胞壁の特徴から解析できることを期待している。

謝辞： 本研究の一部は鳥取大学乾燥地研究センターで行われた。同センターの稲永忍博士に感謝します。また、いろいろお手伝いいただいた塚本圭子さんに感謝します。同センターで研究中、討議に加わっていただいた森田茂紀先生と阿部淳先生に感謝します。

出液速度によるイネ科作物の根系機能の評価と環境応答

森田茂紀・阿部淳

(東京大学大学院農学生命科学研究科)

作物の根系機能を改善し、安定して高品質・多収をあげていくためには、根系機能を定量的に評価する必要がある。従来、呼吸速度、酵素活性、酸化・還元力などの様々な指標に着目して根系機能を評価する試みが行なわれてきた。しかし、これらの方法の多くは根を掘り出さなければならず、また根の一部を切り離して取り扱うことが多い。したがって、圃場において根系全体を対象として測定することは容易ではない。そこで、著者らは出液速度に着目して根系機能を評価することを検討している。出液現象は根圧に基づく能動的な吸水を基盤としており、エネルギーを利用した代謝過程である。そのため、蒸散に基づく受動的な吸水に比べて量的に少ないが、根の生理活性を反映していると考えられる。また、出液速度は圃場において根系を掘り出さずに全体を対象として簡単に測定することができ、しかも特殊な機器を必要としないという利点もある(森田・阿部, 1997a; 森田・阿部, 1999d)。

著者らは主にイネやトウモロコシを対象として、(1) 出液速度の日変化(森田・豊田, 1996a; 森田, 1998b; 森田ら, 1998d; 岡本ら, 1999)、茎葉部の生育に伴う推移(森田ら, 1996b; 折谷ら, 1997; 阿部ら, 1998; 森田ら, 1998a; 森田, 1998c; 森田ら, 1998d; 森田・阿部, 1999a; 森田・阿部, 1999b)、根量との関係(森田ら, 1998a)、などの基礎的な特性について検討を行なった。(2) 環境条件として温度や光条件を取り上げ、出液速度に対する影響を調査した(森田・豊田, 1996; 阿部ら, 1998; 岡本ら, 1999)。(3) 「出液速度 = 根量 × 単位根量当たりの生理活性」という視点から解析を進めた(森田, 1998b; 森田, 1998c; 森田ら, 2000)。(4) 登熟収量と出液速度との関係について考察を進めた(Songmuang et al., 1997; 森田ら, 1997b; 森田・阿部, 1999a; 森田・阿部, 1999b; 森田ら, 1999c)。(5) 出液中の成分の分析をした(森田・豊田, 1996a; 折谷ら, 1997)。(6) 他の指標との関係を予備的に検討した(岡本ら, 1999)。

引用文献：阿部淳ら(1998)日作紀 67(別2):182-183.; 本間知夫ら(1999)第12回根研究集要旨集. 16.; 森田茂紀・豊田正範(1996a)日作紀 65(別2):119-120.; 森田茂紀ら(1996b)日作関東支部報 11:18-19.; 森田茂紀・阿部淳(1997a)グリーンレポート 276:8-9.; 森田茂紀ら(1997b)第8回根研究集要旨集. 4.; 森田茂紀ら(1998a)日作紀 67(別1):70-71.; 森田茂紀(1998b)日作紀 67(別2):50-51.; 森田茂紀(1998c)第9回根研究集要旨集. 5-6.; 森田茂紀ら(1998d)日作関東支部報 13:62-63.; 森田茂紀・阿部淳(1999a)第11回根研究集要旨集. 7-8.; 森田茂紀・阿部淳(1999b)日作紀 68(別2):168-169.; 森田茂紀ら(1999c)第12回根研究集要旨集. 5.; 森田茂紀・阿部淳(1999d)根の研究 8(4)(印刷中); 森田茂紀ら(2000)日作紀 69(印刷中).; 岡本美輪ら(1999)日作紀 68(別1):178-179.; 折谷隆志ら(1997)日作紀66(別1):216-217.; Songmuang, P. et al. (1997)Root Research 6(Special Issue No. 1):32-33.

陸稲の耐乾性と根系構造 — 個根の形態的特性に着目した解析の試み

阿部 淳・森田茂紀(東京大学大学院農学生命科学研究科)

陸稲の乾燥抵抗性を高める方策として、これまでに実際上もっとも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壌水分の残っている時期に早める回避戦略である。これに次いで、根系の発達により土壌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期待される。実際、1994年の干魃年の圃場試験では、土壌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かったこと、茨城農試の育成した耐乾性品種は深根性であった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(Nemoto *et al.*,1998)が、それらに関わる個々の根の形態的性質としては、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、土壌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。

演者らは、陸稲8品種と水稻1品種を東京大学農学部附属農場の実験圃場で慣行法により畑栽培し、収穫期に塹壕法で根の垂直分布を調査した。また、長さ1m×直径5cmの塩ビ管に、土壌を充填して、深根性程度の異なる陸稲4品種・水稻1品種を栽培し、生育初期の根の長さの推移を調査した。さらに1/2000aワグナーポットに半球形の金網を埋め込み土壌を充填したものに先と同じ陸・水稻5品種を栽培し、播種より2ヶ月後までに各節根が金網を通過した位置を調べ、水平方向を0°鉛直下方を90°とした場合の各品種の根の平均伸長角度を算出した。

畑圃場と、塩ビ管・ポットの試験結果の対比から、深根性には、根の角度と長さの双方が関与しており、さらに長さには、根の伸長速度と伸長持続期間の長さに関わることが分かった。品種により、これらの要因のどれに依存するかは異なっており、例えば、浅根性の品種では陸稲農林22号が根の伸長速度・平均伸長角度とも小さいのに対して、ウルマモチでは伸長角度や初期の生育速度は大きいものの旺盛に伸長する期間が短く最終長が小さいことが浅根性の原因と考えられた。さらに、今回調査した日本の品種や熱帯ジャポニカの品種においては、茎の太さや出葉間隔という茎葉部の形質が、根の伸長角度、伸長持続期間に関わることが示唆された(阿部ら,1998)。

なお、深根性の陸稲品種と浅根性の水稻品種とでは根の細胞のサイズや細胞壁の肥厚の様相にも明確な差異が認められており(Kondo *et al.*,1998;森田ら,1998)、こうした細胞・組織レベルでの品種特性と深根性・耐乾性との関係の解明が期待される。

国際稲研究所(IRRI)における近藤始彦氏との共同研究(Shuttle Research)では、インディカ品種もまじえて水耕栽培実験(Kondo *et al.*,1999)と圃場試験を行ってきた。水耕栽培における茎葉部と根系の形態的諸性質を主成分分析により解析した結果では、土壌の中間層から深層に分布する根に相当すると思われる長さ30cmを超えた部分の総根長は、主に個体全体の発育の旺盛さに連動しており、節根の最長根長や平均長は、品種の穂重型的性格の強さに連動していた(近藤ら,1999)。

[引用文献]阿部ら1998.根の研究7:134.;平山ら1995.育雑45(別1):218.;Kondo *et al.*1998. Jpn.J. Crop Sci.67(Extra issue1):80-81.;Kondo *et al.*1999. Jpn. J.Crop Sci. 68(Extra issue1):184-185.近藤ら,1999. 根の研究8(印刷中);森田ら1997.日作紀66:195-201.;森田ら1998. 根の研究7:78.;Nemoto *et al.*1998.Breed.Sci.48:321-324.

施設生産土壌におけるストレス緩和技術と根系の反応

農林水産省 野菜・茶業試験場 施設生産部 環境制御研究室 中野明正

<施設土壌の現状>

日本における施設土壌の塩類集積の現状はどうだろうか？. 全国7県から採取した施設土壌139点を分析し、露地土壌38点と比較したところ、施設では露地に比べ約7倍の塩類が集積しており、集積塩類も硫酸イオンや塩素イオンの割合が増加していた。これらの現状を踏まえて、根系ストレスを緩和するための施肥および栽培法を検討した。

<質的な改良～ノンストレス肥料～>

塩類ストレスを回避する目的で、過剰の硫酸根を含まず、ECの上昇が低く抑えられる緩効性肥料（無硫酸根緩効性肥料 Non-sulfate slow releasing fertilizer : NSR）の効果を詳細に検討した。その結果、NSRは、高濃度で施肥した場合でも根系の発達が維持され、従来の緩効性肥料に比べ、施肥層での根の褐変が抑制されることが明らかとなった。また、出液量も対照肥料に比べ高く、出液中の肥料成分も栽培後期まで高く維持されていた。

これらの肥料の性質の違いはトマトの果実品質に関しても影響を与えており、トマトの尻腐果の発生率は、NSR施肥で低く抑えられる傾向にあった。残留肥料成分の分析からも、NSRは土壌環境をより良好に保ち、持続的な生産を可能とする肥料であることが示唆された。

<施肥法の改良～養液土耕～>

施設生産のストレス因子である過剰塩類ストレスを回避する技術として、養液土耕法の適用を検討した。

養液土耕法（灌水同時施肥法）は、液肥を植物の必要量にあわせて、頻繁に施用する方法であり、根系へのストレスを回避するほか、施肥効率を上昇させることによる施肥量の削減などが期待されている。本研究では、もう「ひと捻り」として、灌水同時施肥のシステムにおいて、製糖工場で生じる廃棄物：コーンステープリカー（Corn Steep Liquor : CSL）を液肥として利用すること検討した。その結果、収量は従来の栽培法と同等であり、未熟な食品系廃棄物を用いて野菜栽培が可能であることが明らかとなった。根系形態の反応としては、有機養液土耕区で根が太くなることが明らかとなった。

養液栽培における湿気中根の機能

坂本有加 (野菜・茶業試験場 施設生産部 栽培システム研究室)

1. はじめに

養液栽培条件下で形成される根に関して、山崎 (1982) は、湿気中の根は根毛が良く発達し、好適温度範囲幅も水中根あるいは土中根より広く、また根圏有用微生物による植物病原菌の抑制が行われるなどの利点があるとしている。また、位田 (1953) は、切断根の呼吸速度を水中と湿気中で測定し、湿気中の根は水中の根より酸素吸収速度が 2~3 倍高いことを報告している。しかし、その後の具体的なデータ蓄積は少なく、湿気中根の有利性には不明な部分が多い。

2. 湿気中根の機能

(1) 湿気中根が形成される養液栽培方式

保水性に優れたシートや防根透水シートなどを利用して、湿気中根を発達させる毛管水耕方式の養液栽培装置の開発が盛んである。著者らはこうした方式を、保水性の高いシートを培地とした固形培地耕の一種と考え、「保水シート耕」と呼んでいる。

(2) 根圏温度と根の活性

保水シート耕と湛液水耕でトマトを栽培し、湿気中根と水中根の温度反応性を検討した。人工気象室を利用して地上部と地下部の温度を 15℃、25℃、35℃の 3 段階に設定し、生長速度と根の呼吸速度を比較した。25℃では両方式のトマトの生育に差異は見られなかったが、15℃及び 35℃では湛液水耕より保水シート耕で旺盛な生育を示した。一方、根の個体当り呼吸量は 25℃では湛液水耕で大きかったが、15℃及び 35℃ではいずれも湛液水耕より保水シート耕で大きな値を示した。これは、保水シート耕で、15℃では根の乾物重が大きく、35℃では根乾物重と呼吸速度の両方が大きかったことによる。したがって、湿気中の根は高温あるいは低温耐性が大きく、保水シート耕による栽培は周年的な安定生産につながる可能性が示唆された。

(3) 適応作物の検索

数種野菜の春作及び夏作において、保水シート耕と湛液水耕で生育比較を行った。コマツナ及びトマトは両作期ともに保水シート耕で旺盛な生育を示した。春作では湛液水耕における生育が保水シート耕よりも大きかったキュウリ、サラダナ、ホウレンソウでも、夏作では保水シート耕が優っていた。作期により生育反応に違いが見られるのは、(2) で述べたように温度の影響が大きいと考えられる。また、作物による生育反応の差は、酸素要求性や耐湿性などの根の生理的特性の違いによるものと考えられる。

(4) 湿気中根の適正な比率

植物体のすべての根系を保水シート上に配置すると、水ストレスのかかり過ぎによる生育抑制が生じやすい。そこで、根系中における湿気中根の比率の適正值を求めるため、保水シート上に配置する根の割合を 0% から 100% まで 5 段階に変えてトマトを一段栽培し、生育及び収量・品質に及ぼす影響を調べた。

シート部比率が 50% から 75% のとき、トマト地上部の生育は旺盛となり、収量も多かった。また、シート部比率が大きいほど根重は大きくなった。根の呼吸活性は湿気中根と水中根の両方の存在によって高まり、どちらか一方のみでは低くなった。したがって、根系の一部を空気中に出すことで、液中の溶存酸素濃度の低下による呼吸抑制を回避でき、生育の安定化を図ることができると考えられる。

チャの根の電気的特性計測と環境応答

本間知夫（野菜・茶業試験場茶栽培部）

1. はじめに

永年作物であるチャは、一度植えられると20～30年といった長い期間栽培されるが、茶葉を良質・多収に収穫するために多量の窒素肥料が茶園に施され、それが今では環境問題やチャの根の障害といった問題を引き起こしてしまった。地下にある根の生理状態を根を掘り出さずに、迅速に調べる方法として、演者は茶樹の生体電位を計測する方法について検討を行ってきた。この方法は動物で言う脳波や心電図計測に代表されるような電気生理学的手法の一つで、対象物より非破壊的に、リアルタイムに電気的情報をモニターできる利点がある。

2. 生体電位計測による茶樹根の状態のモニタリングの可能性

鉢植え茶樹を用い、根に対する過剰施肥や極端な処理（熱湯浸漬）を行って根を障害させたところ、電位値は0に近い値を示すようになった（対照の正常個体では-40～-60mV）。この時の根の呼吸速度は障害（褐変）根で低くなっており、生体電位計測により根の状態をモニタリングできる可能性が示された。しかし正常個体に対して一過的に多肥処理を行った場合も、電位は0に近い値を示したことから、これらの区別ができる指標の必要性が出てきた。

3. 根の電気的特性の計測

測定系を簡単にモデル化すると、根の内外の電位差を測定していると考えられる。そこでまず、根1本という簡易なモデル系における電位測定及び環境応答として水耕液中の硫酸濃度を変化させたときの電位変化を調べた。水耕栽培苗より根を約3cmの長さで採取し、切り口は基準電解液（10mMリン酸緩衝液、pH6.5）に浸し、ここに測定電極を置いた。根全体を水耕液に浸してここに基準電極を置き、両電極間の電位差を根1本の電位として測定した（約-40mV前後）。水耕液中の硫酸濃度を一過的に変化させた時の電位変化は、個体で測定した場合とよく似た変化を示し、特に高濃度の硫酸を含む水耕液（3000ppm。通常は30ppm）に置換したとき、電位は+20mvを示した。硫酸濃度を通常濃度に戻すと電位も元の値に戻り、電位変化を一過的に変化できることが明らかとなった。

そこでさらに根の電気的特性として、電気抵抗（インピーダンス、Z）と静電容量（キャパシタンス、Cs）の測定を試みている。現在のところ、各パラメータの周波数特性、根を障害した時の変化を調べているが、障害によりZよりもCsの方が顕著な変化を示す傾向があるようで、引き続き検討中である。

チャにおけるジベレリンの解析

大山直美、本間知夫、仁木智哉、阿南豊正、腰岡政二
(農林水産省野菜茶業試験場)

チャは分枝力の旺盛な常緑の木本植物であり、その新芽を摘み取ることによって、芽は年に数回萌芽・伸長する。このようなチャの盛んな成長は、茎葉部で生合成されるジベレリン(GA)によるものだけでなく、地下部からの転流によるジベレリンも関係していると考えられる。

本研究では、地上部の成長に及ぼす根由来のジベレリンの影響を調べるために、根、道管液、茎葉部のジベレリンとその配糖体の検索を行った。また、萌芽と道管液中のジベレリンとの関係を質的・量的に検討するために、萌芽開始から一番茶収穫後までの、道管液中のジベレリンの定量を行った。

その結果、遊離型ジベレリンについては、道管液より GA_9 , GA_{12} , GA_{15} , GA_{20} , GA_{44} , GA_{51} , GA_{53} 、茎葉部より GA_1 , GA_4 , GA_9 , GA_{15} , GA_{17} , GA_{19} , GA_{20} , GA_{24} , GA_{25} , GA_{44} , GA_{51} , GA_{54} , 1-*epi*- GA_{61} を同定した。ジベレリン配糖体については、その酵素処理区において、茎葉部より GA_1 , GA_{19} 、根より GA_{12} , GA_{19} , GA_{20} , GA_{53} , GA_{112} , 16α -17- $H_2(OH)_2$ - GA_{12} , 16β -17- $H_2(OH)_2$ - GA_{12} , $16,17$ -OH- GA_{53} を同定した。時期別の道管液におけるジベレリンの定量については、全体的に GA_{44} , GA_{20} , GA_{15} , GA_9 のレベルが高く、萌芽・成長・収穫につれて含量・組成ともに変動することが分かった。

以上の結果より、茶葉の生育期間中の道管液中に存在するジベレリンは、早期13水酸化経路または非水酸化経路の活性型ジベレリンの前駆体もしくは不活性型のジベレリン(GA_{51})であること、茎葉部に存在するジベレリンは活性型(GA_1 , GA_4)及びその前駆体、不活性型のジベレリンであることが明らかとなった。また、根については、遊離型は検出されなかったが8種のジベレリン配糖体が存在していた。根の伸長に必要とされるジベレリンは、茎葉部に比べて低いレベルで働くと考えられていることから、根においては活性型にいたる3 β 位水酸化能が茎葉部に比べて低いか、もしくは活性型前駆体を配糖体化することによって不活性型、あるいは貯蔵型にし、ジベレリン生合成を調節している可能性が考えられた。また、道管液中に検出された GA_{53} , GA_{12} は、根のジベレリン配糖体が分解したものである可能性が考えられた。