

第20回根研究集会発表要旨

2004年6月12日 (土曜日) 10時~18時
中部大学リサーチセンター

シンポジウム

- 「土壌生態系における根」 座長：阿部 淳・中野明正
簡易耕や耕作放棄畑の実験圃場における土壌生態系と根の1調査研究
辻博之¹・奈良部孝¹・宮沢佳恵² (¹北海道農業研究センター, ²東北農業研究センター)
森林生態系における樹木細根系と土壌分解者群集との関わり：ヒノキ林についての事例
藤巻玲路*・菱拓雄・武田博清 (京都大学大学院農学研究科)
根機能のコストと利益：その機能は個体にとって本当に有利？
矢野勝也 (名古屋大学大学院生命農学研究科)
個根異質性に着目したヒノキ細根の生長・枯死プロセスと土壌への有機物供給
菱 拓雄*・武田博清 (京都大学大学院農学研究科)

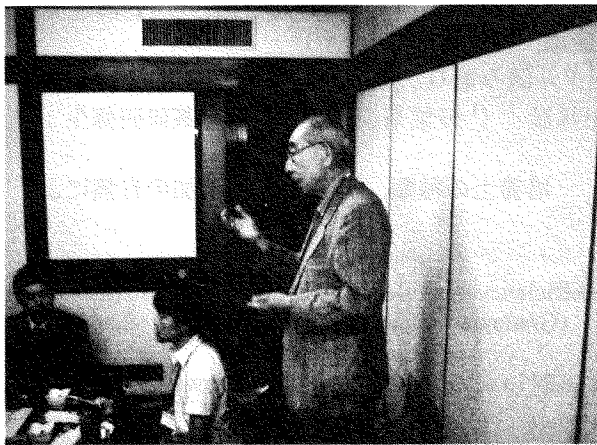
特別講演

- 「Visual Guide to Plant Anatomy - Chapter Root. Introduction of a CD-ROM textbook」
Lux, A.*^{1,2}, Abe, J.¹, Morita, S.¹, Kummerova, M.³ and Balaz, M.³ (¹The University of Tokyo,
²Comenius University in Bratislava, ³Masaryk University in Brno)

ポスター発表

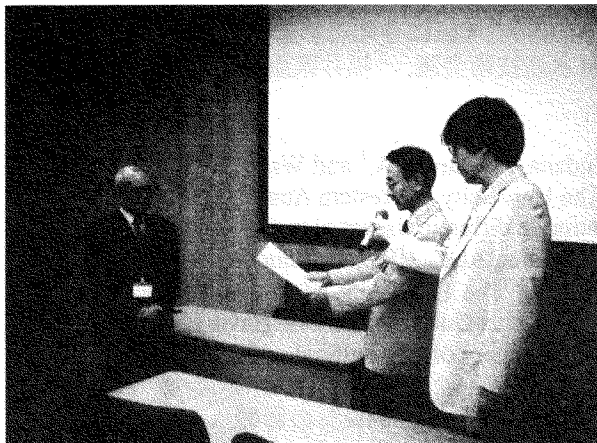
- 水稲の再生紙マルチ直播栽培における有機質肥料が出液速度、出液中の無機成分に及ぼす影響
大橋善之 (京都府丹後農業研究所)
枯死根の分解と二酸化炭素放出速度
酒井佳美*¹・漢那賢作²・比嘉正隆³・田中永晴¹・高橋正通⁴ (¹森林総合研究所北海道支
所, ²沖縄県農林水産部, ³沖縄県林業試験場, ⁴森林総合研究所)
貫入型土壌硬度計による測定記録紙データのデジタル読み取り
松尾喜義*¹・中村幸生²・廣野祐平¹・野中邦彦¹ (¹野菜茶業研究所, ²野茶研研修生：
現在自営)
樹木組織培養苗の根の発育に適した条件の検討 - 培養土の種類、二酸化炭素添加の有無によ
る違い -
岡田恭一 (愛媛県林業技術センター)
Interspecific differences in water uptake and water use efficiency of millets grown under water stresses
Walter Zegada-Lizarazu* and Morio Iijima (Graduate School of Bioagricultural Sciences,
Nagoya University)
Iron (Fe) tolerance of elite breeding lines developed at IRRI in relation to Fe-excluding power of rice
roots
Takahito Nozoe*, Ruth Agbisit, Yoshimichi Fukuta, Reynaldo Rodriguez and Seiji Yanagihara
(International Rice Research Institute)
有機物施用および施肥位置が小ギクの根系分布および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響
中野明正¹・野上雅弘²・上原洋一³ (¹農林水産技術会議, ²福井県農業試験場, ³野菜茶
業研究所)
Evidence of root signals in rainfed lowland rice
Siopongco, J.¹, Sekiya, K.², Yamauchi, A.*², Egdane, J.¹, Ismail, A.¹ and Wade, L.³ (¹International
Rice Research Institute, ²Nagoya University, ³The University of Western Australia)
Establishment of a rapid method to analyze cell elongation in different tissues along root axis in maize
Kaori Ito¹, Alexander Lux², Shigenori Morita¹ and Jun Abe³ (¹Field Production Science Center,
Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, ²Department of
Plant Physiology, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava, ³Department of
Agricultural and Environmental Biology, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The
University of Tokyo)
トウモロコシ種子根の内皮細胞の生長および分化過程に与えるエチレンの影響

- 松田香織・唐原一郎* (富山大学理学部)
 ラッカセイの根粒形成に関する予備的な品種間比較
 田島亮介*・森田茂紀・阿部淳 (東京大学大学院農学生命科学研究科)
 異なる土壌における接触施肥に対する小麦の根系発達
 二瓶直登 (福島県農業試験場)
 イネの根の伸長成長を制御する *RT* 遺伝子に注目した根系形態改良の試み
 犬飼義明*¹・三輪雅美¹・尾崎祐朗¹・谷本英一²・芦荻基行³・北野英己³・松岡信³
 (¹名古屋大学大学院生命農学研究科,²名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科,
³名古屋大学生物機能開発利用研究センター)
 低酸素濃度空気曝露および湛水処理による根の成長、空隙形成率変化
 仁木輝緒*¹・高橋三男²
 (¹拓殖大学工学部,²国立東京工業高等専門学校物質工学科)
 湛水ストレスに曝されたトマトの気孔閉鎖は木部における通導性の低下を伴う
 廣海直*・荒木英樹 (山口大学農学部附属農場)
 Root Development of *Glycyrrhiza uralensis* Grown in a Root Tube
 Janardan KHADKA¹, Toshiro SHIBATA², Yutaka YAMAMOTO³ and Jiro TATSUMI⁴
 (¹Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ²Hokkaido Experimental
 Station for Medicinal Plants, National Institute of Health Sciences, ³Tochimoto Tenkaido Co.
 Ltd., ⁴Nagoya University (Present address, corresponding: Center for Bioresource Field
 Science, Kyoto Institute of Technology))
 根圏の低酸素ストレスに曝されたダイズの蒸散速度は高二酸化炭素濃度によってさらに抑制さ
 れる
 荒木英樹*・石掛圭士 (山口大学農学部附属農場)



研究集会実行委員長

河野 恭廣 氏 (中部大学応用生物学
部環境生物科学科)



苧住氏に対する感謝状授与式

詳細は、会告 (総会報告) を参照して
ください)

簡易耕や耕作放棄畑の実験圃場における土壌生態系と根の1調査研究

辻博之¹⁾、奈良部孝¹⁾、宮沢佳恵²⁾

1)北海道農業研究センター、2)東北農業研究センター

(tel: 011-857-9300, email: tuzihiro@affrc.go.jp)

一般的に森林等に比べて農地は植生が単純で、土壌の生態系も単純であるといわれている。簡易耕や短期の耕作放棄を想定した輪作試験を実施する中で、土壌攪乱(耕起)の頻度や植生の状態が異なる農地を作ることができた。それらの圃場においてこれまで根、雑草、植物寄生性線虫、菌・細菌食性線虫、中型土壌動物の密度等が調査されてきたが、相互の関係については十分な議論がなかった。ここでは、作物根と土壌の各種生態の調査結果から、上記のような耕地の管理方法が、土壌の生態と農業生産にどのような影響を及ぼし得るか検討を試みる。

材料と方法: 北海道農研センター畑作研究部畑圃場において試験を行った。試験1は1999年(前年エン麦均一栽培)より2001年までの3年間作物を栽培せずに、1)耕作放棄畑(F3N)、2)緑肥休閑畑(F3gm:1年目ハセリソウ、赤クローバ、2年目エン麦、3年目ヘアリーベッチ)3)除草剤管理畑(F3hb:グリホサート、パラコート・ジクワットによる茎葉処理を年3回)、4)耕起除草(F3tロータリ耕を年5~6回)とした4処理区と慣行輪作畑(C:テンサイ、ダイズ、バレイショ、秋まきコムギの輪作)を設けた。処理3年目となる2001年8~9月に根、植物寄生性センチュウ、菌・細菌食性センチュウ、中型土壌動物の密度および雑草発生状況を調査した。また、2000年には1998年より不耕起栽培と慣行耕起(秋プラウ+2回の碎土)を継続した圃場でも根量と全センチュウ数、植物寄生性線虫を調査した。

結果と考察: 奈良部らとMiyazawa et al.の報告をもとに土壌中の生物密度と植物の根量および地上部重を図1に示した。植物寄生性線虫(主にキタネグサレセンチュウ)の密度は作物および雑草の根量と同様の傾向を示した。全線虫数はF3t<F3hb<F3N=C<F3gmであったが、この中でF3tは食菌性線虫が、F3hbが食細菌性線虫の割合が高く、Cに比べてF3Nでは線虫の種類が多く、植物寄生性線虫の割合が高く、F3gm区は植物寄生性線虫と食菌性線虫の割合が高かった(図表省略)。中型土壌生物は腐食、菌食性のトビムシ類の割合が多く、有機物還元量が多いF3gm、土壌の攪拌が少ないF3hbで密度が高く、その両者を満たすF3Nで密度が高まった。線虫の密度は宿主となる植物の根量や有機物の還元量と関係が大きいものに対して、中型土壌生物の密度は圃場の攪拌の影響が線虫と比較して大きいと考えられた。同様の傾向は不耕起・簡易耕と慣行耕起の間でも認められた。畑復元後(2002年)の収量はコムギにおいて管理方法の影響が顕著であった。

表1 休閑圃場の植生、根量、有機物、土壌の攪拌

		F3N	F3gm	F3hb	F3t	C
植生の多様性	◎ 高 ○ 低 × 極低	◎	○-x	○-x	○-x	○-x
根量	◎ 多 ○ 少 × 極少	○	◎	×	×	◎
有機物還元	◎ 多 ○ 少 × 極少	◎	◎	×	×	×
土壌不攪拌	◎ 無 ○ 1/年 × 5/年	◎	○	◎	×	○

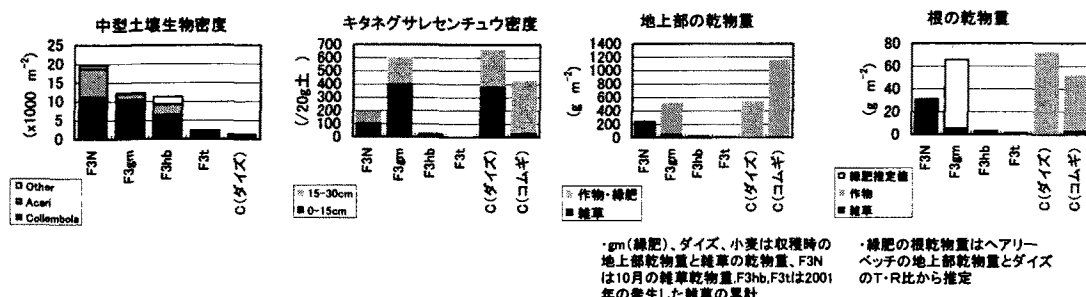


図1 土壌中の生物密度と植物の根重および地上部乾物重

引用文献 奈良部ら (2002) 北日本病中研報 53: 301-304
Miyazawa et al. (2002) Plant Prod Sci. 5 (3): 257-265

森林生態系における樹木細根系と土壤分解者群集との関わり：

ヒノキ林についての事例

藤巻玲路*、菱拓雄、武田博清

京都大学大学院・農学研究科

(*連絡先 E-mail: rfujimak@kais.kyoto-u.ac.jp)

陸上生態系では、植物により生産された有機物のうち生食連鎖系に流れてゆく割合はごく一部であり、大部分は土壤分解系に流れてゆく。特に森林の樹木が生産する有機物は、土壤分解系の生物にとっても利用しにくい食物資源である。落葉や細根のような比較的利用しやすい有機物でも、養分に乏しく構造的にも丈夫であるため、分解速度は比較的遅い。このため森林土壌にはしばしば分解途中の有機物が堆積する。そのような土壌有機物は土壤分解系を構成する生物群集の「住み場所」として機能している。このような有機物の「食物」と「住み場所」としての特徴は、土壤分解系を構成する生物の群集構造（種構成と生物量）を規定していると考えられている（武田、2001）。

森林土壌においては、細根系の分解について研究例は少なく（Berg & McLaugherty 2003）、森林土壌の腐食連鎖系における細根系の役割については不明な点が多い。本講演では、ヒノキ細根系の分解と土壤分解者群集との関係について行ってきた研究を紹介し、枯死細根系が土壤生態系において果たす「食物資源」と「住み場所」としての役割について話題提供する。

1. 細根分解と腐食連鎖系

土壌基物（パーライト）にヒノキ細根を混ぜ込んで林床に埋設し、半年後に土壌基物を回収して、菌・細菌類や土壌動物の観察を行った。その結果、細根の添加により、土壌基物中の菌糸長は増加し、線虫の構成は細菌食性の線虫の割合が減少した。分解作用を受けた細根の残渣はリグニン・セルロースの割合が比較的高く、それらを利用できる菌類が増加したと考えられる。このことがまた、微生物食の線虫の食性ギルドにも影響したと考えられる。この研究から、枯死した細根系が食物資源として、有機物→微生物→線虫という食物連鎖の構造に影響しうることを示した。

2. 細根分解過程の観察

林床の有機物層から土壌コアを採取し、細根量の動態を計測した。同時に土壌薄片を作成して細根の断面形態を観察した。その結果、枯死根の内部に肉食性ダニの糞が観察された。細根量動態の解析から、土壌節足動物による摂食作用が分解過程に強く寄与していることが示唆された。これらの結果は、枯死根が「食物資源」と「住み場所」を提供し、それを利用する特定の土壌節足動物との相互作用で分解が進行してゆくことを示している。

現在は細根の分解実験を行っており、分解過程のメカニズムとして実際どのような動物が細根分解を促進しているのか、分解にもなって物質はどういった動態を示すのか、といったトピックについて研究を行っている。

引用文献

Berg B & McLaugherty C (2003) Plant Litter. Springer-Verlag

武田博清 (2001) 森林生態系における土壤分解者群集の構造と機能。『群集生態学の現在』（佐藤宏明ら 編）pp. 327-351. 京都大学出版

根機能のコストと利益：その機能は個体にとって本当に有利？

矢野勝也 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

kyano@agr.nagoya-u.ac.jp

植物根の最も本質的な機能は土壌資源(養分・水分)の獲得であろう。ところが、これらの機能に関する知見は水耕や寒天培地など単純な条件下で得られたものが多く、複雑な相互作用が働く土壌ではその知見をそのまま適用するのが困難な場合がある。ここでは事例をいくつか取り上げて、実際の土壌で起こる現象とのギャップを紹介し、今後の課題を議論してみたい。

溶液中とは異なって、土壌中における養分の移動速度には養分ごとに著しい差異がある。その両極端がリン酸イオンと硝酸イオンで、前者が土壌に固定されてほとんど移動できないのに対して後者はほとんど固定されず土壌水と同調した挙動を示す。この結果、植物によるリン酸イオンの獲得は根と土壌との接触程度(根圏範囲)に規定され、硝酸イオンの場合は吸水量(蒸散量)と高い相関を持つことになる。近年、各種トランスポーターの機能を向上させることが試みられているが、果たしてその試みは土壌に生育する植物の養分獲得能向上にどこまで貢献できるだろうか？

リン酸トランスポーターを過剰に発現させたオオムギでは、リン獲得能はほとんど変化しなかったことが報告されている。この結果は、土壌中におけるイオン移動速度こそが律速因子であることを改めて確認させると同時に、そのようなイオンを獲得するには細胞レベルでの輸送能力の向上では限界があることを示唆している。逆に、移動速度の大きい硝酸イオンの輸送能力を高めたとするならばどうであろうか？ラン藻のような微生物ならば硝酸獲得能は向上するかもしれないが、気孔を通じて外部に開かれた高等植物では蒸散流に乗って獲得する方が有効なのではないだろうか？

加えて、生物が機能を発揮するためにはエネルギーの投資が必要であることも強調しておきたい。例えば、マメ科植物の優れた機能である共生的窒素固定能は、多くの植物種が不足しがちな窒素を大気中から獲得する上で極めて有効である。しかし、根粒で1gの窒素を固定するには6~10gの炭素の投資が必要とされ、根粒を過剰に形成させる根粒超着生系統のダイズでは、その高い窒素固定能のために個体全体の成長が大きく損なわれることが知られている。

窒素やリン酸を根域内で局所的に与えると、それに応じて根が劇的に増殖する可塑性が知られている。この根系形態の可塑性はいかにも植物の適応反応のように思われるが、そこにも少なからずコストが投げられている。例えば、同量のリン酸を様々なパッチサイズで土壌に与えると、パッチサイズが小さくなるにつれて、パッチ外部にまで過剰に増殖した根の割合が大きくなり、成長量も低下した。均一にリン酸を与えて根系の可塑性な変化が起きないようにした条件と比較すると、小さなパッチサイズではむしろ成長量は劣っており、コスト過剰に陥っていることが示唆された。根系レベルでは適応的な振る舞いに見える反応であっても、個体レベルでのコストと利益のバランスから評価することも重要であろう。

ある種の植物は、根からキレート能を持った有機酸を分泌して、Al、FeあるいはCaと結合した難溶性リンを溶解できることが確認されている。しかし、このような溶解能が土壌中でどこまで機能しているのかは必ずしも明らかでない。例えば、優れた難溶性リン利用能を発揮するキマメは、VA菌根共生系との相互作用が働かないと、その機能をほとんど発揮できなかった。これは、難溶性リンから遊離したリン酸イオンを巡って根圏微生物との競合が起きているためと思われる。活きた土壌では、難溶性リンの溶解能だけでは不十分で、遊離したリン酸イオンを素早く取り込むための戦略も必要なのであろう。

土壌の中では把握しにくい根の形態・生理機能を明らかにするためには、思い切った実験系の単純化は必要である。その一方で、見逃してしまう重要な相互作用も少なくないと思われる。そのような見逃された相互作用の重要性を実験的に明らかにし、それを踏まえた上で機能を発揮させるための条件を探る必要があると考えている。

個根異質性に着目したヒノキ細根の生長・枯死プロセスと 土壌への有機物供給

菱 拓雄*・武田博清 (京大・農・森林生態学研究室)

(*E-mail: tak@kais.kyoto-u.ac.jp)

植物体から供給される枯死有機物の量と質は、土壌の腐食連鎖群集の資源として重要である。森林土壌における有機物源としての細根系の重要性は、葉との比較において生産・枯死量から量的に、化学性などから質的にも認められている。従来葉のような、均質な一次細胞系と見なされてきた細根が、近年の研究によって二次成長する根を多く含むこと、根系内の個根寿命、化学性が分枝位置でまったく異なっていることなど、細根系内で異質性をもつことが報告されている。これらの細根系内個根の寿命、生活様式の違い(二次生長の有無など)は、細根から供給される土壌有機物の量・質に大きく影響すると考えられる。本研究ではヒノキを材料とし、細根の生活様式として二次成長する・しない根の根系内分布を示し、生活様式の違う根の動態が根系生長とどのように対応するかを示す。また、根系内の個根の枯死様式が土壌の有機物動態に与える影響について考察する。

1. 細根系内の原生木部群の生活史と分布

細根系の一次根、二次根、枯死根の解剖特性、化学性をみた。原生木部群によって、二次成長する・しないの個根生活様式は異なると考えられた。2原基根は二次肥大する前に枯死する短命型の根で、4原基はほとんどが二次成長根に移行すると考えられた。また、一次根は二次成長根よりもN濃度が有意に高く、C-N比が低かった。根系位置によって生活形の異なる根が配置されていた。2原基根は十分発達した根系根端の95%に配置される。基部ほど4原基の割合が増加し、2分枝目より基部側の2原基の割合は非常に低かった。従って枯死の中心は二次肥大前でC-N比の低い、先端配置された2原基が中心になるであろうことが予測される。

2. 根系の形成・維持・崩壊過程と原生木部群の動態

連続イングロースコア法により、細根の根端数、根系数の動態、各原生木部群の根長動態を調べた。根系数、根端数の動態から、根系の状態を侵入(0-4mo.)、分枝(4-7mo.)、維持(7-19mo.)、崩壊(19-24mo.)期に分けることができた。各原生木部群の生産・枯死様式はそれぞれ異なっており、各根系成長段階で特徴的な動態を示した。二次成長した細根は崩壊期に至るまであまり枯死せず根系内に蓄積した。生産された根長のうち、二次成長に至る前に枯死する細根の割合は、全期間合わせて72%を占めた。二次成長根の枯死は崩壊期に集中(全期間の76%)した。細根は二次成長による構造物質の増加により、分解に抵抗的になる。細根系崩壊に至るまで二次成長根を維持しながら先端近くの一次根で生産、枯死を繰り返す動態は、根系全体の枯死が生じるよりも細根、土壌間の物質循環を速めると考えられる。

3. 異なる土壌環境に対する原生木部群の配置様式

有機物層と鈳質土の根系内原生木部配置を比較した。有機物層では先端の2原基配置が95%程であるのに対し、鈳質土では45%と低かった。このようなマイクロハビタットにおける根系内個根配置の違いから、土壌における有機物循環量の違いが生じると考えられる。

Visual Guide to Plant Anatomy - Chapter Root. Introduction of a CD-ROM textbook

Lux, A.^{1,2}, Abe, J.¹, Morita S.¹, Kummerova, M.³ and Balaz, M.³

1: The University of Tokyo, 2: Comenius University in Bratislava, 3: Masaryk University in Brno
 (* Corresponding author: E-mail lux@fm.a.u-tokyo.ac.jp, lux@fns.uniba.sk)

Plant anatomy is the most basic and necessary subject to learn for students and young scientists in plant biological areas including plant physiology, taxonomy, molecular biology, genetics, agronomy, forestry and ecology, because plant anatomical structures determine and accompany morphological and functional features of the plant body. A new visual textbook to be browsed on computer is edited at present. This e-textbook starts from the whole plant level through organs and tissues up to the cells and molecules. In comparison with printed textbook, the electronic concept offers some very important advances: there is no cost limit for color photos reproduction, pictures can be displayed together with caption and description or alone in full screen mode, all definitions are simultaneously accessible in glossary, and finally, user can choose from several languages. All these functions facilitate both learning and teaching, so this novel e-book concept provides an excellent tool for both students and teachers.

The use of specific procedures, histochemical reactions and staining techniques allowed distinguishing individual tissues and cells more clearly. Modern techniques such as fluorescence microscopy, electron microscopy or digital image processing were the base of this e-textbook. For students and scientists of plant biology it is also often important to know how to achieve the good quality image. Photos are accompanied by short characteristics of the method of preparation and observation. In addition, a special chapter explains basic points of used methods of microscopy and microtechnique.

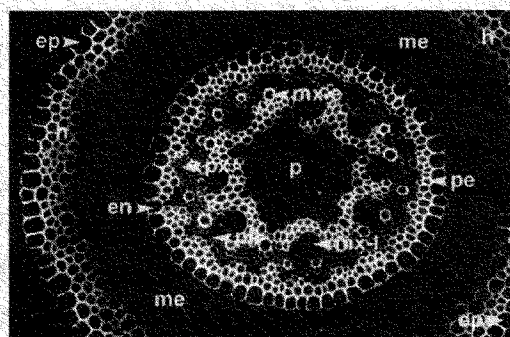
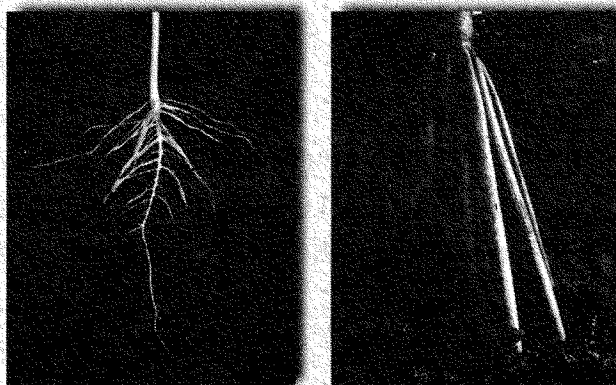
Contribution to the collection of photos for the use in this e-textbook and scientific and educational advice are much welcome.

Contents of root chapter

- Introduction
- Basic types of roots and root systems
 - Types of roots: Radicle, Primary roots, Lateral roots, Adventitious roots
 - Taproot system
 - Fibrous root system
- Structure of root
 - Root apex: Root cap, Apical meristem
 - Primary structure: Epidermis, Cortex (Hypo- and exodermis, Mid-cortex, Endodermis), Central cylinder (Pericycle, Xylem, Phloem)
 - Lateral root formation
 - Secondary structure: (Vascular cambium, Cork cambium)
 - Root structure of dicotyledons
 - Root structure of monocotyledons
- Specialized types of roots
 - Aerial root, Fleshy storage root, Contractile roots, Stilt and buttress root, Pneumatophores, Proteoid roots and root spurs, Mycorrhizae, Root nodules, Haustorium

Basic types of roots and root systems

The root systems consist of an embryo-originated root (primary root or pole root originated from the radicle), adventitious roots and lateral roots. Lateral roots can form on young parts of all root types (primary roots, adventitious roots, and lower order lateral roots); in contrast, adventitious roots can only form on other plant organs (stem and leaf) or on secondary thickened older root parts. Root systems are classified into two types, taproot and fibrous root systems, depending on the contribution of the primary root and the adventitious roots to the whole root system. Basically, the taproot system is composed of the taproot with numerous laterals, and fibrous root systems are formed by adventitious roots. However, the two-type classification of root systems is somewhat conceptual and simplified, and more detailed classifications exist.



Cross section through an adventitious root of Bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Hand section, unstained, autofluorescence.

- Hide description
- Hide caption
- Fullscreen view
- Close

- ep root epidermis
- h hypodermis
- me mesodermis
- en endodermis
- pe pericycle
- px protoxylem
- mx-e early metaxylem
- mx-l late metaxylem
- ph phloem
- p pith

Samples of pages in the root chapter. Readers can access to the glossary with clicking on the technical terms.

水稲の再生紙マルチ直播栽培における有機質肥料が
出液速度、出液中の無機成分に及ぼす影響

大橋善之 (京都府丹後農業研究所)

e-mail: y-ohhashi60@mail.pref.kyoto.jp

水稲の再生紙マルチ直播栽培とは、田面に再生紙を敷きつめることによって雑草の発生を抑え、除草剤を使用しない栽培方法と移植作業を省略できる直播栽培を組み合わせた栽培方法である。具体的には、再生紙マルチに点播状に孔をあけ、そこに水稲種子を封入した不織布を貼り付けた再生紙マルチシートを作成し、このシートを代かきした水田に敷設する方法である。本栽培方法は、1994年に中国農業試験場（現、近畿中国四国農業研究センター）で開発され、京都府では、主として酢原料米としての無農薬コシヒカリ栽培に導入されている。そこで、本栽培方法に有機質肥料を用いて栽培し、その登熟期の出液速度および出液中の無機成分を調査し、収量および品質に及ぼす影響を検討した。

＜材料と方法＞

2003年5月16日に京都府丹後農業研究所内水田において、コシヒカリ種子を30×20cm間隔で1孔4粒づつ封入した再生紙マルチシート（幅1.6m、黒色）を敷設した。試験区は、有機質肥料である菜種油粕を用いた油粕区と化学肥料である直播専用肥料を用いた専用肥料区をそれぞれ2反復で設置した。油粕区は、基肥として菜種油粕（5.3:2:1）50kg/10a、穂肥として60kg/10a（8月1日と8月11日に等量を分施）とし、専用肥料区は、基肥として直播専用肥料555（15:15:15、但し、N成分の20%が速効性、80%がLP50）、穂肥としてNK C12号（16:0:20）を8月1日に15kg/10a、8月11日に10kg/10a施用した。出液速度は、出穂期（8月19日）から7日後の8月26日と22日後の9月11日に測定した。出液中の無機イオンは、イオンクロマトグラフィを用いて測定し、全窒素濃度は、アルカリ性ペルオキソ二硫酸カリウム-紫外線分光光度法で測定した。9月26日に各区3.6m²づつ刈り取り、収量および品質調査に供した。

＜結果と考察＞

油粕区の生育は、専用肥料区に比べて緩慢であった。油粕区の最高分けつ期は、専用肥料区よりも10日程度遅く、また本数も76%に止まった。しかし、有効穂数は、専用肥料区の93%とわずかに少ない程度であった。登熟期の葉色は、油粕区が専用肥料区よりも低く推移した。出液速度は、出穂7日後では油粕区が専用肥料区よりもわずかに低く、出穂22日後では両区とも7日後に比べて減少していたが、油粕区が専用肥料区よりも高かった。出液速度からみた根の生理活性は有機質肥料が登熟後半まで高く維持されるものと考えられた。一方、出液中の全窒素濃度は、油粕区では出穂7日後と22日後で大差なかったが、専用肥料区では出穂22日後で著しく高くなった。無機イオンでは、NH₄⁺が油粕区ではいずれの時期も極微量であったが、専用肥料区では全窒素濃度と同様の傾向を示し、出穂22日後で高くなった。収量は、油粕区が専用肥料区の92%に止まったが、外観品質や食味推定値は良好で、白米の粗蛋白質含有率も油粕区が専用肥料区よりも低かった。これらのことから、有機質肥料を用いた栽培では、登熟後期に過剰な窒素吸収を伴わずに根の生理活性が高く維持され、品質や食味関連形質を高める可能性が示唆された。

枯死根の分解と二酸化炭素放出速度

酒井佳美*¹・漢那賢作²・比嘉正隆³・田中永晴¹・高橋正通⁴

¹森林総合研究所北海道支所, ²沖縄県農林水産部, ³沖縄県林業試験場, ⁴森林総合研究所

(*連絡先 e-mail: yoshimis@ffpri.affrc.go.jp)

1. はじめに

樹木の枯死根は分解速度が遅く、長く土壤中に保持される。分解過程は主に分解者による呼吸と無機化、物理的な細片化や雨水による溶脱とに分けられるが、分解の進行と共にその主となる過程が変化することが予想される。そこで、本研究では枯死根の分解の進行と、二酸化炭素放出速度(分解者による呼吸量)との関係を明らかにするために、枯死根からの二酸化炭素放出速度を分解に伴う根の残存率と比較した。

2. 方法

北海道上川北部森林管理署内のトドマツやエゾマツが主として優占する天然林(以下、北海道)と沖縄県名護市南明治山のスタジイが優占する照葉樹林(以下、沖縄)に試験地を設定した。根の分解は、リターバック法を用いた。2000年6~7月に根リターバックを埋設し、3年後に回収したサンプルについて残存率と二酸化炭素放出速度を測定した。樹種はカラマツ、トドマツ、コナラを用い、直径0-2mm(細根)、5-10mm(中根)と10-50mm(太根)の3つのサイズクラスのリターバックを設定した。回収したサンプルからの二酸化炭素放出量は密閉法をもちいて測定した。枯死根はリターバックから取り出したサンプルを使用した。土を除去した枯死根を500mlまたは1000mlのチャンバーに入れて密封し、恒温装置内でインキュベートし、密封後1.5時間後と5.5時間後にシリンジを用いてチャンバー内の気体を採取した。インキュベートは温度を5℃、15℃、25℃に設定した3段階についてそれぞれおこなった。採取した気体はガスクロマトグラフィーを用いて二酸化炭素濃度を測定した。測定後、根サンプルの乾燥重量を測定し、リターバック設置時のサンプルの初期重量とから残存率を算出した。

3. 結果と考察

沖縄の根の残存率は北海道に比べて非常に低く、分解速度が早かった。樹種で比較するとコナラの残存率が最も低く、カラマツとトドマツはほぼ等しかった。また、沖縄でのコナラを除いて、根の直径が大きいほど残存率は高かった。沖縄の方が北海道よりも分解が進んでいる原因としては温度の影響が大きいためと思われる。また、樹種や根の直径も分解速度に影響を与えていることが示された。

二酸化炭素放出速度を沖縄と北海道とで比較すると、中根と細根では全ての樹種で北海道の方が高く、太根はほぼ同じであった。同一樹種の直径による差は沖縄ではほとんどなく、北海道では中、細根に比べて太根からの放出速度が非常に低かった。3樹種間で比較するとコナラからの二酸化炭素放出速度が最も高く、次いでトドマツそしてカラマツの順に低くなった。北海道では分解があまり進んでいない個体からは二酸化炭素放出速度が低かった。一方沖縄ではいずれの個体も北海道に比べて分解はかなり進行していたが、二酸化炭素放出速度は北海道よりも低い傾向であった。つまり、分解初期には呼吸量が少なく、次の段階で呼吸量は増加し、さらに分解が進行すると呼吸量は減少すると考えられる。分解過程では、分解しやすい物質から先に分解され、分解の進行と共に難分解性物質が残りにやすくなる。このような残存物質の変化が呼吸量に影響していると考えられる。

報告 (第20回根研究集会発表要旨)

貫入型土壌硬度計による測定記録紙データのデジタル読み取り

松尾喜義*¹⁾・中村幸生²⁾・廣野祐平¹⁾・野中邦彦¹⁾

¹⁾野菜茶業研究所、²⁾野茶研修生:現在自営

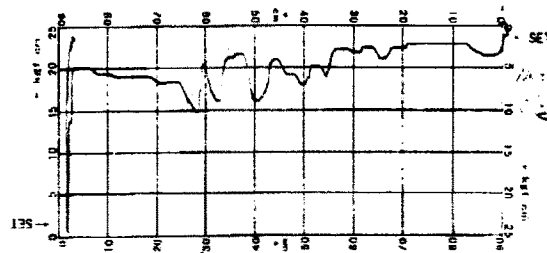
(連絡先: 〒428-8501 静岡県榛原郡金谷町金谷 2769、matuok@affrc.go.jp)

大部分の茶園は露地に栽培されているので、植付けられている園地の土壌条件は根群域の環境を通じて茶樹の生育・収量に多大な影響を及ぼしている。先に、貫入式の土壌硬度計で測定した茶園土層の深さと茶園の干ばつ被害や茶園生産力との間には密接なつながりがあることを報告した(根の研究 8. p105-108、1999)。そして、土壌の深さ 60cm 以上が確保されていれば、かなり安定した生産があげられること、逆に 60cm に満たない土層の深さでは、土層が浅くなればなるほど生産量が少なくまた不安定になることを見出した。ここで、土壌の深さを測定するために用いた貫入式硬度計(大起理科 DIK-5520)では、深さ別の貫入抵抗値の測定データは、記録ペンで記録紙上に記録されるので、従来は主要な深さ(10cm 単位)における貫入抵抗値を目視で読み取りデータとしていた。ごく最近、計測装置自体に組み込まれた自動読み取り方式のデジタル測定装置が発売されたが、かなり高価である。また、新しい装置が導入できたとしても今まで計測したデータを利用するには「数値読み取り」が必須であった。

そこで、多量に測定され記録・保存された土壌貫入抵抗値の紙記録紙上から、スキャナーを用いて測定データを画像として取り込み、ついでその画像データから測定記録を自動的に読みとってデジタルデータとする方法について検討した。

<方法と結果・考察>

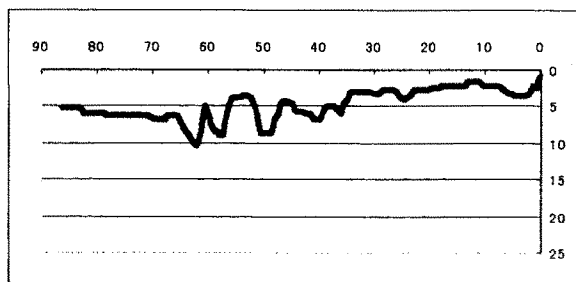
測定記録紙の画像としての取り込みはスキャナー(EPSON 製 GT-8400UF)により jpeg 形式で記録データを画像として取り込んだ(右図)。記録紙画像からデータを読み出すソフトとして Vector ホームページに公開されているフリーウェア DiditalCurveTracer



(<http://rd.vector.co.jp/soft/win95/business/se174822.html>)

を利用した。

このソフトで[座標設定]→[有効桁数設定]→[測定間隔=2ドット]、[画像二値化]→[色設定]→[読み取り濃度設定: 60~95]→[オートイレーズ]→([不要な線を手作業で消す]→トレーススタート→ファイル保存→excel など表計算ソフトへ・・・の手順でデジタルデータとして取り扱うことができた(データは右下)。このデータから再度グラフ化したものが下図である。デジタル読み取りを前提とするならば、読み取り線のない外枠だけの記録用紙を用いて測定する方が効率的である。



深さ(cm)	貫入抵抗(kgf/cm ²)
1	0.216
2	0.282
3	0.780
4	1.279
5	1.777
6	2.275
7	2.773
8	3.271
9	3.769
10	4.268
11	4.766
12	5.264
13	5.762
14	6.260
15	6.758
16	7.256
17	7.755
18	8.253
19	8.751
20	9.249
21	9.747
22	10.245
23	11.244
24	11.742
25	12.240

深さ(cm)	貫入抵抗(kgf/cm ²)
147	74.51
148	75.01
149	75.50
150	76.00
151	76.50
152	77.00
153	77.50
154	77.99
155	78.49
156	78.99
157	79.49
158	79.99
159	80.49
160	80.98
161	81.48
162	81.98
163	82.48
164	82.98
165	83.47
166	83.97
167	84.47
168	84.97
169	85.47
170	85.96
171	86.46

樹木組織培養苗の根の発育に適した条件の検討

-培養土の種類、二酸化炭素添加の有無による違い-

岡田恭一*

*愛媛県林業技術センター(*連絡先 e-mail:okada-kyouichi@pref.ehime.jp)

【背景および目的】

初期の根の発育状況はその後の植物の生育に影響を及ぼすため、根の状況を把握し、より発育に適した条件を検討することは非常に重要な課題である。従来は乾重や長さなど主として量的な数値によりその判定が行われていたが、近年コンピューター画像解析を使用する方法により、根系の生長量や形態の測定が行われているが、樹木についてはその例は少ない。そのため、今回は薬用など新たな農山村の換金作物として需要が見込めるメグスリノキの芽生えを使用して、培養土および二酸化炭素添加の有無による、根の量的および質的な成長状況について調査を行った。

【材料及び方法】

試験の材料として、平成15年9月に富士鉱業(株)(栃木県栃木市)から購入したメグスリノキ種子を使用した。11月中旬に冷暗所で保湿保存していた種子を取り出し、果皮を剥した後流水で十分に洗浄し、無菌室内で70%エタノールによる殺菌を行った後、予め滅菌している培養容器内の培養土に置床した。培養土にはパーミキュライトと鹿沼土の2種類を使用した。培養容器は発芽が認められるまでの間気温23℃の暗所に設置し、発芽が認められた個体については、同じ組成の培養土が入った培養容器に1個体ずつ植え付けを行った。植え付けの終了した培養容器は市販の観賞魚用水槽に入れ、その上には透明のビニール袋を被せ、気温23℃、4500ルクスのクリーンルーム内に設置した。試験区は培養土の種類と二酸化炭素添加の有無により4試験区設置した(表-1参照)。二酸化炭素については、2~3日おきに約200mlの水を入れた容器を水槽内に搬入し、その中に市販の入浴剤を入れることで発生させた。各試験区とも10個体供試し、30日後に根の乾燥重、フラクタル次元、根長そして根の平面投影図の面積(以下「根占有面積」と略)を測定し、試験区ごとの平均値を算出した。なお、フラクタル次元、根長、根占有面積はデジタルカメラにより撮影した根の映像をデジタル・ビーイング・キップ社製の画像解析ソフト PopImaging により測定した。

【結果及び考察】

試験の結果は表-1 のようになった。根乾重以外については、パーミキュライト、鹿沼土とも二酸化炭素を添加した場合の方が高くなったが、AB間のフラクタル次元以外では有意差は認められなかった。これは、湿度が高いため光合成が十分に行われず、同化産物の根への転流が予想したよりも促進されなかったためや、あるいは培養土の含水率が高くなり、根の生育が十分に行われなかったことなどが原因として考えられた。一方、画像解析時の写真撮影の技術的な問題もあると考えられるため、今後更に検討する必要がある。

表-1 試験区の状況および結果

試験区	培養土	CO ₂	根乾重 (mg)	根占有面積 (cm ²)	根長 (cm)	フラクタル次元
A	パーミキュライト	有	26.3	7.1	231.9	1.53*
B		無	22.9	5.8	172.4	1.45*
C	鹿沼土	有	22.2	6.9	222.6	1.49
D		無	23.5	5.3	174.1	1.48

*5%の水準で有意差あり

Interspecific differences in water uptake and water use efficiency of millets grown under water stresses

Walter Zegada-Lizarazu* and Morio Iijima

Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, Japan

Plant productivity in semi-arid areas is severely affected by the erratic and low rainfall. The magnitude of the impacts of drought and particular responses among millet species may vary according to their water uptake capacities and water use efficiencies (WUE). It is suggested that some species increase water uptake from deeper soil layers as surface soils dry out while others has higher WUE. The purpose of this study was to compare WUE and deep water uptake abilities among millet species.

Material and methods. WUE of six millet species (Fig. 1) at the anthesis stage were evaluated using pots of 10 cm diameter and 15 cm height. Water treatments were: waterlogged (saturated), control [25% soil water content (w/w)] and drought [8 %]. Water uptake from deep soil layers by pearl millet and barnyard millet was evaluated in long pots (7.5 cm diameter, 50 cm deep) that consisted of two compartments; a Vaseline layer prevented water movement between the upper and lower compartments. In the upper compartment a compact layer was formed between 18 and 25 cm from top. The lower compartment (25-50 cm depth) was kept wet (average 30%), while soil moisture in the upper one was adjusted to 25 and 8 % in the well-watered and drought treatments. Deuterated water was applied to the deep soil layers. Deuterium concentration in xylem sap and soil water were determined and used to calculate the percentage of water taken up from deep soil layers.

Results and discussion. As compared with control conditions, WUE was significantly reduced in all millet species by waterlogging but not by drought (Fig. 1). Deuterium concentration in xylem sap water and relative water uptake from deep soil layers was only increased significantly in barnyard millet but not in pearl millet by drought in topsoil layers, (Fig. 2) indicating higher ability of barnyard millet to extract water from wet subsoil layers. These results could be related to the low and high tolerance to waterlogging conditions of pearl millet and barnyard millet respectively.

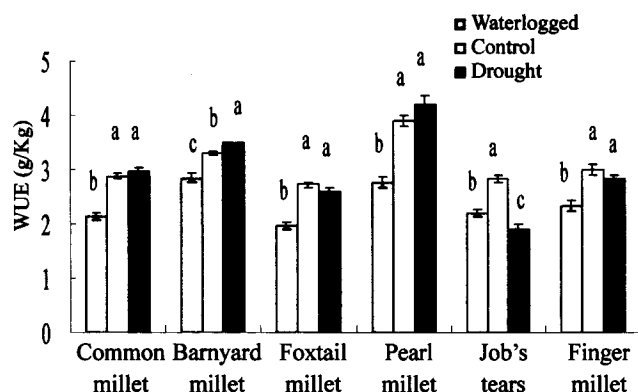


Fig.1. Water use efficiency of six millet species under different water regimes.

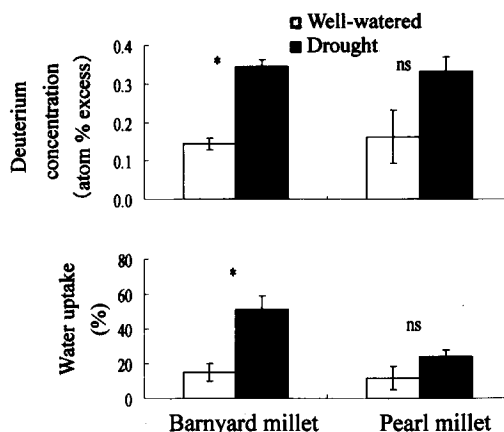


Fig.2. Deuterium enrichment in xylem sap water (upper) and water uptake from deep soil layers (lower).

Iron (Fe) tolerance of elite breeding lines developed at IRRI in relation to Fe-excluding power of rice roots

Takuhito Nozoe, Ruth Agbisit, Yoshimichi Fukuta, Reynaldo Rodriguez, and Seiji Yanagihara
(International Rice Research Institute, DAPO Box 7777, Metro Manila, Philippines)

[Introduction] Iron toxicity is one of the more serious problems that occur in irrigated or rainfed soils. Although IRRI has developed many lines and varieties to overcome this problem, the physiological mechanisms hardly have been analyzed. The present study aimed to analyze the mechanisms of Fe tolerance in breeding lines as they relate to the Fe-excluding power of their roots.

[Methods] In the 2003 wet season, field experiments were conducted in San Dionisio, Iloilo City, Panay Island, Philippines. Rice growth in this field had been inhibited by Fe toxicity. IR64 (check variety) and four lines (*Oryza sativa* L.) were used in this experiment. Two of the lines (FTB7 and FTB11) were near-isogenic lines (NILs) and the others (Fe0013 and Fe0014) were considered Fe-tolerant lines in that Iloilo field. As a reference under normal conditions, IR64 and the four lines were also cultivated at IRRI farm in Los Baños, Philippines. Plots were laid out in a randomized complete block design with four replications. Fourteen (IRRI) day or 21 (Iloilo) d-old seedlings were transplanted on 27 Aug 2003 in Iloilo and 25 Jul 2003 in IRRI. Spacing was 20 × 20 cm. Cultivation periods after transplanting of IR64, FTB7, and FTB11 in IRRI; those in Iloilo; Fe0013 and Fe0014 in IRRI; and those in Iloilo were 93, 91, 108, and 106 d, respectively.

[Results and Discussion]

1. In IR64 and in all lines, the yields in Iloilo were lower than those in IRRI. Although FTB7 and FTB11 were selected as lines with Fe tolerance under solution cultures, the tolerance traits did not work in the Iloilo field because the value of $B(\text{yield in Iloilo})/A(\text{yield in IRRI})$ of IR64, FTB7, and FTB11 were found to be 51.2, 48.0, and 29.2 %, respectively. The values of B/A of Fe0013 and Fe0014 were 84.2 and 70.3 %, respectively, indicating that Fe0013 and Fe0014 showed tolerance in Iloilo.
2. Based on the changes in dry weights, the yield reduction of IR64, FTB7, and FTB11 was associated with growth inhibition, especially during the late stage of cultivation.
3. The Fe contents in the roots of elite lines (Fe0013 and Fe0014) increased mildly or were kept constant after the flowering stage, whereas those from plots of IR64 and its NILs (FTB7 and FTB11) increased rapidly. The amounts of Fe in soil solution were kept from 40 to 140 mg L⁻¹ throughout the cultivation period. This level was enough to inhibit rice growth. Especially in the late stage of cultivation, the amount of Fe in soil solution from the plots of elite lines was greater than those from IR64 and its NILs. If the rice roots exclude the absorption of Fe, the Fe content of the roots can be low and the Fe content in soil solution around the roots can be high. The findings suggest that Fe tolerance of elite lines was associated with Fe excluding power of the roots.

有機物施用および施肥位置が小ギクの根系分布および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響中野明正¹, 野上雅弘², 上原洋一³ 1:農林水産技術会議 2:福井県農試 3:野菜茶業研究所

(1:〒100-8950 東京都千代田区霞が関 1-2-1 Email: anakano@affrc.go.jp)

1. はじめに

近年、有機農産物に関する関心が高まっている。このような農法を支持するための法的な整備も行われた。穀類や野菜などは食料として利用されるために、成分に関する研究もされており、有機物施用に伴うカルシウムやマグネシウムなど有用な無機成分の濃度や、有害金属の濃度に関連する報告もある。一方で、同じ農産物でも、食品としての消費がほとんどない花き生産においては、有機農産物への関心は低いものであるが、花き生産においても、さらに積極的な有機物の利用が図られるべきである。本研究では、キクにおける有機物の効率的利用に関する基礎的知見を得るために、特にペレット堆肥および有機物入りの市販のキク用肥料が生育および無機成分含量に与える影響を緩効性化学肥料や液肥用化学肥料などの化学肥料と比較することにより明らかにした。また、それぞれの肥料について、施肥位置の影響を全層施肥および側条施肥を想定した実験により明らかにした。有機物施用により、生産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値が高まることは、野菜などにおいて明らかになっているが、本報告では、花きについても同様の傾向が認められるか否かを、施肥位置の影響も併せて明らかにした。

2. 材料および方法

栽培は、野菜茶研果菜研究部のガラス温室内で、透明塩化ビニール製の根箱（土壌部分：縦 37.5cm × 幅 24cm × 厚み 2.7cm）を用いて行った。肥料の処理区は 4 種類設け、緩効性化学肥料（くみあい苦土入り CDU 複合リン加安 S222：緩化）、家畜糞尿等を原料としたペレット型肥料（ペレット）、有機物含有肥料（マトリックス有機オール 12, 朝日工業：有機含）、液肥用化学肥料（OK-F-1, 大塚化学：液化）を用いた。液肥用化学肥料以外は、それぞれの肥料について根箱の端の部分にのみ肥料を添加する側条施肥と全層に肥料を混和する全層施肥の 2 処理を設けた。定植後 103 日目の 12 月 23 日に地上部を切除し、80℃で 3 日間乾燥させ重量を測定した。地下部については、ピンボード法で根系形態を保持した形で採取した。得られた根系は、垂直方向に 7.5cm 毎に 5 等分した。水平方向には外側の左右 6cm の部分を集めひとつの部分とし、中央の 12cm の部分を集めひとつの部分とし、それぞれのその乾物重を測定した。地上部のリン、カリウム、カルシウム、マグネシウムを ICP 発光分析装置で測定した。窒素および $\delta^{15}\text{N}$ 値の測定については、安定同位体質量分析計（ANCA-SL, Europa 社製）によって測定した。

3. 結果と考察

全層施肥での施肥濃度が約 1g N kg^{-1} と高い施肥条件であったが、ペレット堆肥を用いた全層施肥で最も優れた生育を示した。いずれの肥料でも、側条施肥により根全体への乾物分配割合が増加することが明らかとなった。これは、側条施肥では全層施肥より高いイオンストレスが根系に負荷されたためと考えられた。施肥位置の違いによる根系分布の違いは認められなかった。作物体中の無機成分については、有機物施用による増加は認められなかった。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、ペレット堆肥を用いた地上部の $\delta^{15}\text{N}$ 値が、他の化学肥料を用いた場合より高くなったが、施肥位置の違いが $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響は認められなかった。施用された肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値が生産物の $\delta^{15}\text{N}$ 値に反映されることが花きについても明らかとなった。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、今後有機花きの生産量が増加し、有機農産物の判別などの市場管理が必要となってきた場合の有効な判別手段となると考えられた。

Evidence of Root Signals in Rainfed Lowland Rice

Siopongco, J.¹, Sekiya, K.², Yamauchi, A.^{*2}, Egdane, J.¹, Ismail, A.¹, and Wade, L.³
1: International Rice Research Institute, DAPO Box 7777, Metro Manila Philippines,
2: Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8601, Japan, 3: University of Western
Australia, Crawley WA 6009, Australia
(*Corresponding author: E-mail ayama@nuagr1.agr.nagoya-u.ac.jp)

The rainfed lowlands occupy about 40 million hectares of rice-growing areas in South and Southeast Asia. Average yield in these marginalized areas is 2.7 t/ha. In this ecosystem, rice is subjected to one of the most adverse environmental conditions, i.e., drought. Because of uncertainties in rainfall, the roots in particular, are subjected to fluctuating wetting and drying cycles. Recent studies showed that root response mechanisms to drying soil may affect photosynthesis through stomatal control. This behavior, termed 'root signals', has been widely studied in crops other than rice. Here, root tips in the drying soil communicate with shoots to regulate stomatal closure.

We conducted greenhouse experiments using split-root system on lowland indica IR62266-42-6-2 (IR62266) and upland japonica CT9993-5-10-1-M (CT9993) to prove the existence of this phenomenon in rice. In the greenhouse experiments, one part of the roots was placed in drying soil while some roots remained in wet soil. To interrupt root-to-shoot signals, the roots in drying soil were cut when stomatal conductance started decreasing even though leaf water potential was still high. The increase in stomatal conductance after severing roots proved that root signals were present.

Similarly, in actual field conditions, stomatal response from root signaling has been observed in these two varieties which were subjected to different drought treatments. These consisted of three drought timings as the main plots, where irrigation was withheld at: 20 to 40 d after sowing (DAS), 41 to 68 DAS, and 69 to 97 DAS; water regimes as the subplots: well-watered (fully irrigated) and droughted (no irrigation). To prevent rains from getting in the drought treatment plots, removable rainout shelters were put up during rains. Leaf water potential and stomatal conductance were monitored and plants for ABA analysis were sampled daily. The increase in ABA of the leaves coinciding with increase in stomatal conductance during soil drying may place ABA as the possible mediator for root signals.

ESTABLISHMENT OF A RAPID METHOD TO ANALYZE CELL ELONGATION IN DIFFERENT TISSUES ALONG ROOT AXIS IN MAIZEKaori Ito¹, Alexander Lux^{1,2}, Shigenori Morita^{1,3}, Jun Abe¹ and Shinobu Inanaga³¹ *Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Japan*² *Department of Plant Physiology, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava, Slovak Republic*³ *Arid Land Research Center, Tottori University, Japan*

The major role of plant roots to acquire water and nutrients might be affected by the morphology of the whole root system which is determined by the growth of each seminal and nodal roots in cereal crops. The root length, one of the important characteristics determining size of rooting zone, depends on cell division as well as on the rate and duration of root elongation. The root elongation must be understood based on cell elongation of different tissues using an appropriate method. We established a rapid method to measure cell length of different tissues along the root axis to consider cell elongation.

Maize (*Zea mays* L. cv. KD 720) seedlings were grown in mess cylinder (ca 6.5 cm in diameter and 40 cm tall) including ca 1000 ml of vermiculite surrounded by a cellophane and a filter paper attached to the inner side wall of the cylinders. Two different water contents of vermiculite were prepared, namely 300 cc water per 1000 cc of vermiculite (30% v/v - control) and 150 cc water per 1000 cc of vermiculite (15% v/v - dry) and autoclaved at 120 °C for 40 minutes to unify water distribution in the mess cylinder. Pregerminated seeds of maize were planted between the inner wall of cylinder and the cellophane. The primary seminal roots were sampled at 5-6 days after planting for measurement of cell length along the root axis with lateral roots. At first, these root samples were incubated in lactic acid saturated with chloral hydrate at 70 °C for 1h in water bath for clearing tissues, followed by staining with safranin and aniline blue. Cell length of both epidermis and exodermis can be measured by focusing of white light (bright field) and by fluorescence microscopy. After the measurement of cell length of epidermis and exodermis, the outer layers of roots were peeled and stained with berberine to measure cell length of endodermis. The result showed that cell length of the three tissues examined increased basipetally in the apical 1cm of root axis. Cell length of the three tissues along the root axis also shows periodical changes in cell elongation. The same periodical cycle in cell elongation appeared in the epidermis of lateral roots as well. Moreover, root elongation was suppressed by water stress conditions. Water stress decreased cell length of epidermis in basal part of roots, while the effect of drought was not so clear in other two tissues, exodermis and endodermis.

These results suggest that the new rapid method is quite effective to examine cell length in different outer and inner tissues of root without sectioning.

トウモロコシ種子根の内皮細胞の生長および分化過程に与える エチレンの影響

松田香織・唐原一郎*

富山大学理学部生物学科

(*連絡先 e-mail: karahara@sci.toyama-u.ac.jp)

根が湛水状態やリン酸欠乏などのストレスに曝された場合、その環境応答にはエチレンが関与すること、またその場合、表皮細胞や根毛の発達が影響を受けることから、根の形態形成および環境応答にはエチレンが深く関わっていると考えられている。しかし、物質吸収・保持に関わる内部組織の発達に対する影響はわかっていない。そこで、これを明らかにすることを目的として、カスバリー線を形成する内皮に着目し、根の細胞の分裂・生長・分化という基本的な細胞の活動を表すパラメータにエチレンが与える影響を調べた。

トウモロコシ (*Zea mays* L.) 種子は1日吸水させたのち、湿らせたパーミキュライトに播種した。エチレン処理区としては、濃度を0.5 μ l/l または2.5 μ l/l とし、芽生えは25°Cで7日間暗所で生育させた。根の生長がエチレン濃度に依存して阻害されていたこと、カスバリー線から根の先端までの距離はエチレン存在下では短くなっており、その効果は濃度依存的であったことはすでに前回の本集会で報告した。エチレンと同時にエチレン作用点阻害剤であるノルボルナジエンを与えたところ、根の生長およびカスバリー線の発達は部分的であるが回復していた。

次にエチレンが内皮細胞分化の時間に与える影響を調べた。前回の発表では、4日齢の根を用いて根の長さや細胞産生速度を調べていたが、エチレンの影響があまり見られなかったため、6日齢の根を用いて根の長さを調べたところ、根の長さは対照区と比べエチレン処理区で有意に低下していた。そこで6日齢の種子根を用いて内皮細胞1列あたりの細胞産生速度を調べたところ、対照区は4.3個/hであったのに対し、エチレン処理区は2.5個/hと低下していた。次に先端からカスバリー線形成位置の平均値までの部分を切り出し、根の先端からカスバリー線形成位置までに存在する内皮細胞1列あたりの細胞数を調べ、細胞産生速度で割ることでカスバリー線が形成されたばかりの細胞の齢、つまりカスバリー線形成時間を求めたところ、対照区とエチレン処理区に明確な差はみられなかった。これにより、エチレンはカスバリー線形成の速度に対して影響を与えないこと、この区間に含まれる細胞数がエチレンにより減少したのは、細胞産生速度が低下したためであることがわかった。

しかしこの説明だけでは、根の先端からカスバリー線形成位置までの距離に違いが生じた原因を説明することにはならず、その原因を知るためには、細胞の伸長生長を調べる必要がある。そこで、内皮細胞の長さを測定するとともに、内皮細胞の産生速度も用いて、根の先端からカスバリー線形成位置までの距離に関わる、細胞の長さについての各種のパラメータを調べたところ、エチレンは初期の細胞長、細胞伸長を開始するまでの細胞齢、伸長を終えた後の細胞長には影響を与えていないことがわかった。一方で、エチレン処理において細胞伸長を行う時間が延長していたことから、エチレンにより細胞伸長の速度が低下したことが示唆された。以上のことから、エチレンにより根の先端からカスバリー線形成位置までの距離が減少したのは、細胞産生速度が低下するとともに細胞伸長速度が低下したためであることが示唆された。つまり内皮を指標とした場合、エチレンは細胞分裂と細胞伸長に影響を与える一方、細胞分化には影響しなかったといえる。また、対照区においては細胞が伸長を終えた後カスバリー線を形成するまでタイムラグが見られたが、エチレン処理区の場合、細胞が伸長を終了した齢とカスバリー線形成時間はともに38hと一致していたことから、エチレン処理区においては細胞は伸長を終えるとただちにカスバリー線を形成したと考えられる。

ラッカセイの根粒形成に関する予備的な品種間比較

田島亮介*・森田茂紀・阿部淳

東大院農生命

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

低投入持続型農業を推進する方法のひとつに、マメ科作物の窒素固定能を効率的に利用することがあげられる。窒素固定能を制御・利用するためには、根系形成を踏まえて、どの生育段階に根系のどの位置に根粒が形成されるか、また、形成された個々の根粒の窒素固定能が時間とともにどのように変化するかを把握しておく必要がある。ラッカセイはダイズに次いで世界第 2 位の生産量を誇る重要な油料作物であるが、ダイズに比べて研究報告が少ない。また、マメ科作物の中で根粒形成の様相が特徴的であり、根粒は親根から側根が分岐する部分にしか形成されない。著者らは日本で広く栽培されているラッカセイ 2 品種(千葉半立、ナカテユタカ)の根系形成と根粒形成についてすでに報告した(1)。今回は、その 2 品種も含めて、主として日本で栽培されている品種を中心に 12 品種を用いて、ラッカセイの根系形成および根粒形成の特徴について、予備的に検討した結果を報告する。

材料と方法: 供試したラッカセイ (*Arachis hypogaea* L.) 12 品種は、千葉半立、ナカテユタカ、Tarapoto、サウススイートランナー、千葉 43 号、Jenkins Jumbo、ジャワ 13 号、白油 7-3、バレンシア、飽託中粒、タチマサリ、および 1956FIX1 2-23 である。これらの種子に根粒菌を接種し、2003 年 6 月 2 日に附属農場(西東京市)内の圃場に、畦幅 70cm、株間 30cm でそれぞれの品種を 1 列ずつ播種し、慣行に従って栽培した。播種後 92 日に各品種 1 個体について、地上部乾物重を測定するとともに、根系を含む土壌モノリス(長さ 30cm・幅 10cm・深さ 30cm)を採取し、根系を洗い出した。主根を根軸に沿って 2cm ごとの断片に切り分け、主根の直径(断片の中央部分)、1 次側根の数と長さ(基部から 2mm の位置)、着生した根粒の数と直径を測定した。

結果と考察: 供試した 12 品種の早晩性は必ずしも同じではないが、開花期はほぼ同じであり、サンプリングを行った播種後 92 日ではどの品種も莢肥大期にあった。ただし、地上部乾物重に占める莢重の割合は品種によって大きく異なっていた。

根粒は、全ての品種において、主根から 1 次側根が分岐する部分に着生する根粒は少なく、大部分の根粒が 1 次側根から 2 次側根が分岐する部分に着生していた。このような根粒形成の特徴はその他の多くのマメ科作物と異なるものであるが、すでに著者らが千葉半立とナカテユタカの 2 品種において報告しており(1)、本研究の結果、その他のラッカセイ品種にも共通して認められることが示された。地上部の大きい品種において根粒数が多くなる傾向ではあった。特にサウススイートランナーと 1956FIX1 2-23 を除く 10 品種では、地上部乾物重と根粒数との間に、また、主根の基部直径あるいは 1 次側根の直径の合計と根粒数との間に、それぞれ有意な相関関係がみられた。このことから、地上部の生育や根系の発達の良いものほど根粒が着生しやすい傾向にあると考えられる。サウススイートランナーと 1956FIX1 2-23 では、他の品種と比べて地上部乾物重や主根の基部直径に対する根粒数の割合が、他の 10 品種より高い。これについて、サウススイートランナーは地上部乾物重に占める莢重の割合が極めて小さく、根粒と子実との間で光合成産物の競合が小さいため多くの根粒を形成した可能性が考えられるが、1956FIX1 2-23 では葉色が薄かったが、地上部および根系の生育は他の品種と大きく異なる点は認められなかった。

根粒機能の一つの指標と考えられる直径で根粒を評価したところ、品種によって直径の頻度分布や割合は異なっており、特に千葉 43 号で直径の大きな根粒の占める割合が大きかった。なお、中程度の大きさ(直径 1.5-2mm)の根粒数は、葉の乾物重との間に正の相関関係が、また地上部乾物重に占める莢重の割合との間には負の相関関係がみられた。

謝辞: 本研究で使用したラッカセイ品種の種子は、千葉県農業総合研究センター育種研究所畑作物育種研究室の長谷川理成氏、鈴木茂氏、同落花生試験地の岩田義治氏から、根粒菌は十勝農業協同連合会農産化学研究所から、それぞれ譲渡して頂いたものである。栽培管理は、附属農場の秦野茂、久保田浩史、佐々木ちひろ、石山郁江の各技術職員にお世話になった。ここに記して謝意を表す。

引用文献: (1) 田島亮介・森田茂紀・阿部淳 2004. ラッカセイの根系形成と根粒着生. 日作紀 73(別 1): 196-197.

報告 (第20回根研究集会発表要旨)

異なる土壌における接触施肥に対する小麦の根系発達

二瓶直登

福島県農業試験場

(福島県郡山市富田町若宮前 20 番地)

効率的な施肥法の開発のためには、施肥法と根系発達の検討が必要である。肥効調節型肥料を用いた接触施肥は、肥料と根が直接接する施肥法のため、施肥効率を向上することが期待されているが、接触施肥に対する小麦の根系発達を、土壌型別に比較した報告はない。本発表では、主な畑地土壌である黒ボク土と灰色低地土での接触施肥に対する小麦の生育と根系発達を検討した。

[材料と方法] 福島県農業試験場ライシメーター (1.5m×1.5m) 内の黒ボク土と灰色低地土を用いて以下のように窒素の施肥法を変えて試験を行った。①無窒素区、②慣行区：速効性の化成肥料 (N: 10g/m²) を播種時に全層施肥し 3 月上旬に追肥 (N: 3g/m²)、③接触区：肥効調節型肥料の LP30 (N: 10g/m²) と LPS40 (N: 3g/m²) を混合して接触施肥。全区ともリン酸、カリはそれぞれ 10g/m² ずつ全層施肥した。供試品種はアブクマワセを用いた。成熟期に改良土壌モノリス法にて、麦 1 株を中心に深さ 25cm、広さ 15cm、幅 5cm の土壌を掘り上げ、5cm×5cm×5cm の土壌ブロックに切り分け根長を測定した。垂直方向の各層に分布する根が全体の根量に占める割合(%)から根系の深さの平均値を求め、深さ指数を算出した。同様に水平方向への広がり、麦の左右を平均して広さ指数として求めた。

[結果と考察] 総根長は、黒ボク土で栽培した方が灰色低地土より長く、施肥法別では接触区>全層区>無窒素区となった。深さ指数、広さ指数から黒ボク土の方が灰色低地土より広がりがみられた。接触区の根系は両土壌とも、無窒素区、全層区と比べ深さ指数は浅く、広さ指数は小さく、施肥部での根長は 3~4 倍長くなり、根が中心に偏在している分布となった。収量は、無窒素区では黒ボク土で栽培した方が多収であったが、慣行区および接触区では灰色低地土の方が多収となり、施肥法間では、両土壌とも接触区≒全層区>無窒素区となった。

小麦の接触施肥において、両土壌とも肥料の回りに根が寄り、全体の根長も増加し、収量は慣行栽培より増収することが明らかとなった。

表1. 土壌型、施肥法の違いによる小麦の生育

土壌型	試験区	稈長 (cm)	茎数 (本/m ²)	地上部重 (g/m ²)	収量 (g/m ²)
黒ボク土	無N	69	541	1062	248
	慣行	72	613	1308	332
	接触	74	572	1322	353
灰色低地土	無N	64	522	953	201
	慣行	78	683	1715	434
	接触	77	688	1565	461

表2. 土壌型、施肥法の違いによる小麦の根系分布

土壌型	試験区	総根長 (m/本)	深さ指数*1 (cm)	広さ指数*2 (cm)	施肥部の根長 (cm/block*3)
黒ボク土	無N	62.4	10.1	7.0	5.2
	慣行	95.0	10.9	7.0	6.7
	接触	135.8	9.2	5.9	16.9
灰色低地土	無N	35.4	6.4	5.5	5.2
	慣行	58.0	10.1	7.8	4.7
	接触	68.4	5.6	3.7	19.5

*1 深さ指数 = Σ{(各層の深さ中央値:cm) × (各層の根の存在割合:%)} / 100
 *2 広さ指数 = Σ{(各層の広さ中央値:cm) × (各層の根の存在割合:%)} / 100
 *3 5cm×5cm×5cmの土壌ブロック

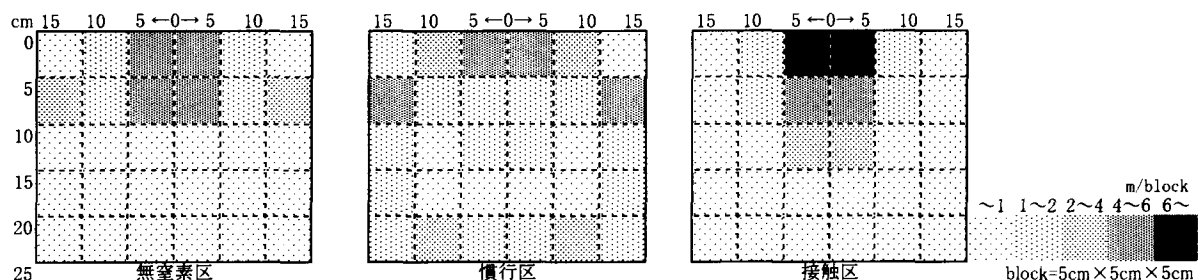


図1. 施肥法別根系分布 (灰色低地土)

イネの根の伸長成長を制御する *RT* 遺伝子に注目した根系形態改良の試み

犬飼義明*¹・三輪雅美¹・尾崎祐朗¹・谷本英一²・芦荻基行³
北野英己³・松岡 信³

1. 名大院 生命農学研究科, 2. 名市大院 システム自然科学,
3. 名大 生物機能開発利用研究センター

(*連絡先 e-mail: inukaiy@agr.nagoya-u.ac.jp)

植物の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、土壌資源の効率的な獲得を目指した根系構造の改良が極めて重要である。この構造を規定する要素の内、根の長さは最も重要なものの一つであり、そのため土壌資源獲得に関わる要素としてしばしば測定されている。さらに、根系構造とそのダイナミクスは、種々のストレスにさらされた作物にとって極めて重要であり、例えば、土壌深層への根の到達は多くの植物において乾燥ストレス耐性と密接な関係にあることが知られている。そこで私たちは、イネの根の伸長成長を制御する遺伝支配の実体を把握することを目的に、これまでにイネ短根型突然変異体 (*rt*) に Kasalath を交雑した F₂ 雑種集団 (約 2,900 個体) を用いて詳細な連鎖地図を作製し、単因子劣性遺伝子である *rt* の単離を試みてきた。その結果、*rt* 遺伝子は第 4 染色体 (約 77cM) の分子マーカー C335 と R2226 に挟まれた 0.3cM の領域に座乗していることが明らかになった。また *RT* 遺伝子が座乗する PAC クローン (P429B10) を同定後、イネゲノム研究チームの協力を得て塩基配列を解読し、座乗候補領域の ORF を予想したところ、エンド型 1.4βグルカナーゼ (EGase) をコードする遺伝子に高い相同性を有する遺伝子が見いだされ、この遺伝子について野生型と *rt* 変異体の塩基配列を比較したところ塩基の変異が認められた。そこで、野生型の *RT* 候補遺伝子を含む約 7.9kb の DNA 断片を調整し、*rt* 変異体に導入したところ野生型に復帰することを確認した。

プロモーター GUS により *RT* 候補遺伝子の発現性を解析した結果、本遺伝子は根の伸長帯で特異的に発現することが明らかとなったため、*RT* 遺伝子は細胞の伸長成長過程を通して根の伸長を制御しているものと考えられた。これに関して、同じく EGase をコードする *PaPopCell* 遺伝子をシロイヌナズナにおいて過剰発現させると、細胞のサイズの増加を通して葉が肥大化することが報告されている (Park *et al.* 2003)。また、30cm 以下の深い根の重さや最も深い根の長さといった深根性を表すパラメーターを指標に検出された QTL が、*RT* 遺伝子座と重複した位置にも認められている (Kamoshita *et al.* 2002)。これらの結果から、*RT* 遺伝子座の各対立遺伝子の作用力の差異を利用することにより、根伸長量を制御しうることも想定される。現在は、独立行政法人農業生物資源研究所の矢野昌裕博士より分譲された、イネ品種“日本晴”の第 4 染色体長腕領域が、同“Kasalath”由来の染色体で置換された染色体部分断片置換システムを用いて、この可能性について検討中である。

Kamoshita, A. *et al.* (2002) Theor. Appl. Genet. 104: 880-893. Park, Y. W. *et al.* (2003) Plnat J. 33: 1099-1106.

低酸素濃度空気曝露および湛水処理による根の成長、空隙形成率変化

仁木輝緒^{*1}・高橋三男²¹ 拓殖大・工学部・生物工、² 国立東京高専・物質

(*連絡先 e-mail:tniki@la.takushoku-u.ac.jp)

発芽種子根に対する低酸素濃度ストレスの影響を調べる時、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。湛水処理によって根を低酸素濃度状態にすることは容易であるが、根は水の吸収器官でもあり、湛水処理による機能・形態変化が必ずしも低酸素濃度ストレスによる、と決められない部分がある。

演者らはエンドウ種子根を用いて、種子部分が低酸素濃度空気に曝されないようにする実験システムを開発した。そのポイントは既にこの研究集会で発表しているが、播種する Growth tube 中の種子の部分(上部)と根(下部)の部分に、①仕切り板を設ける、②ガス(空気、低酸素濃度空気)の流す量、であった。今回はこの開発されたシステムを用いて、実際に根のみ低酸素濃度空気を曝露した時の根の成長、空隙の形成率を調べるとともに、これまでの湛水処理によって得られたデータとの比較を行なった。

今回の実験は上下仕切り板として、ワセリン・パラフィン(=4:1、重量比)を染み込ませた紙を用いた。上部、下部に流すそれぞれの空気の流量を50ml/分とした。この時の上部・下部の酸素濃度差は約7.2%であった(上部:下部=19.9:12.7)。一方湛水処理法はこれまでと同じく、滅菌した蒸留水をもって種子部位近くまで浸したものである。25℃の連続暗黒中で発芽・生育させ、播種3日目から24時間、低酸素濃度空気の曝露、または湛水処理を行なった。

播種3日目、4日目の種子根の成長量はそれぞれ6.3±0.8、10.1±0.8cmであった。この成長量は仕切り板が存在しない場合の成長量に比べ約7%程度抑制されていた。しかし仕切り板の存在は根の中心柱での空隙の形成率には大きな差異を生じさせていなかった。

根の部分に低酸素濃度空気ストレスを与えた場合、その根の成長量は8.4±0.6cmで、この成長量は低酸素濃度ストレスによって、成長量はストレスを与えなかった時に比べ約50%(4→2cm)に成ることを示す。一方、同期間の湛水処理での成長量は未処理の値の約25%(4→1cm)となった。

中心柱柔細胞崩壊による空隙の形成は播種3日目の根では先端から1、3cmの部位で、それぞれ64、11%である。低酸素濃度空気を曝露した根では1、3cm部位で、空隙形成率はそれぞれ100、84%であった。湛水処理では1、3cmの部位で、空隙形成率はそれぞれ95、74%であった。一方低酸素濃度空気曝露または湛水処理しない播種4日目の根の1、3、5cm部位の空隙形成率は、それぞれ29、84、75%であった。

低酸素濃度空気曝露、湛水処理ともに根の成長を抑制するが、その抑制効果は湛水処理の方が大きいことが示された。空隙形成率に関しては単純に形成部位の変化を持って論じられない。なぜならこの24時間の処理の間にも根の成長は進行していて、処理前、または未曝露・未処理の根の24時間後の部位は異なるからである。それぞれの成長量を考慮すると低酸素濃度曝露では空隙形成率が29→75%に成るところが84%となり、あらたに1cm部位のそれは100%に成っていた。湛水処理では空隙形成率は80%前後と考えられ、1cm部位も95%であった。1cm部位での空隙形成率を議論すると、曝露、または湛水処理は空隙形成率を高める、とすることができる。

湛水ストレスに曝されたトマトの気孔閉鎖は木部における通導性の低下を伴う

廣海直*・荒木英樹

山口大学農学部附属農場

(連絡先: e-mail: ahide@yamaguchi-u.ac.jp 荒木英樹)

湛水ストレスに曝された植物では、葉身の水ポテンシャルが低下していないにもかかわらず、気孔が閉鎖することが観察されている。湛水ストレスのごく初期に生じる気孔閉鎖には、ルートシグナルなどの化学シグナルが関与していると考えられているが、それ以降の気孔閉鎖を起こすシグナルについては明らかにされていない。一方、植物には、キャビテーションによって木部の通導性が低下しないように、気孔を閉じて水ポテンシャルの低下を防ぐという気孔の制御機構があることが指摘されている。すなわち、この制御機構が作用してした状態でも、水ポテンシャルは低下せずに気孔が閉鎖する。本研究では、湛水ストレスに曝されたトマトにおいて、気孔閉鎖の原因となる要因を明らかにすることを目的とした。

〈材料と方法〉

山口大学農学部附属農場内のビニールハウスにおいて、トマト (品種: サターン) を生育させた。培土には、同容積の水田土壌とパーミキュライトを混合したものをを用いた。2004 年 4 月 14 日に催芽した種子を育苗セルに播種し、第 4 葉展開期にビニール育苗ポットに 1 個体ずつ移植した。湛水処理開始までは適宜灌水を行った。播種後 42 日 (第 8 葉期展開期) に湛水処理を開始した。処理開始 40 時間後に、ポロメータとプレッシャーチャンバーを用いて、第 5 あるいは 6 葉における蒸散速度、気孔コンダクタンス、葉身の水ポテンシャルを測定した。葉柄 0.1m を採取し、葉柄の断面から弱圧 (6 ~ 7 kPa) と強圧 (150 kPa) をかけた水を流し、両圧力条件下の通導コンダクタンス (それぞれ Lp_{xi} と Lp_{xs}) を測定した。両コンダクタンスの値から、木部の通導性損失率 (PLC) = $100 \times (1 - Lp_{xi} / Lp_{xs})$ を算出した。PLC は、全導管の通導能力に対して、キャビテーションによって通導機能を損失した導管の比率を示す。

〈結果と考察〉

適湿区の蒸散速度と気孔コンダクタンスはそれぞれ $0.453 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と 0.0023 m s^{-1} であった。40 時間の湛水処理によって、これらの値は $0.380 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と 0.0002 m s^{-1} まで低下した。葉身の水ポテンシャルは、適湿区では -0.29 MPa であったのに対し、湛水区では -0.23 MPa とむしろ高い傾向があった。 Lp_{xs} では両処理区間で有意な差が認められなかったのに対して、 Lp_{xi} では湛水区で低下した。したがって、 Lp_{xi} と Lp_{xs} を用いて算出される PLC は湛水処理によって高まった。以上の結果から、湛水ストレスに曝されたトマトは、葉身の水ポテンシャルが低下することなく気孔が閉鎖するが、その際、木部の通導性の低下が伴うことが明らかとなった。今後、木部の通導性と気孔開度との関係をさらに詳細に解析することによって、湛水ストレスに曝されたトマトの気孔閉鎖がキャビテーションの発生程度に応じて制御されているかどうかを検証する予定である。

Root Development of *Glycyrrhiza uralensis* Grown in a Root Tube

Janardan KHADKA¹⁾ Toshio SHIBATA²⁾, Yutaka YAMAMOTO³⁾ and Jiro TATSUMI⁴⁾

1) Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University

2) Hokkaido Experimental Station for Medicinal Plants, National Institute of Health Sciences

3) Tochimoto Tenkaido Co., Ltd.

4) Nagoya University (Present address, corresponding: Center for Bioresource Field Science, Kyoto Institute of Technology, Saga Ippongi-cho Ukyo-ku, Kyoto 616-8354, Japan)

Glycyrrhizae Radix is a dried root and stolon of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch., which is widely used as Chinese herbal medicine and contains glycyrrhizin. *G. uralensis* is a perennial Leguminosae, natively grown in the northern part of China, Mongolia and Siberia. It develops vigorous root system and taproot that often penetrates into deep soil layers. Recently researches for economic cultivation of *G. glabra* and *G. uralensis* were conducted in Japan, and yield of root and stolon and contents of glycyrrhizin were examined in relation to soil properties and mineral nutrients. However, very few reports are available on the developmental profile of the root system in soil, particularly for the seeded plants. In this experiment, we tried to trace the development of root system in the soil using a root tube method.

Seedlings of *G. uralensis* were transplanted in the PVC tube (8 cm diameter, 1 m length) filled with sandy loam mixed with 1 g chemical fertilizer (N, P, K: 12, 16, 12) and 2.5 g Ca and Mg on June 20, 2003. The tube was vertically divided into two half tubes and the cut surface was sealed with a transparent panel so as to trace and map the roots grown in the vicinity of transparent panel, continuously. On August 29 and September 27, 2003 plants were harvested and dry weight of shoot organs and root system were measured. Root length of taproot and laterals of each order were determined.

Rooting depth increased linearly up to 68.9 cm on August 22 and reached plateau. During this period rooting depth increased at the rate of 1.1 cm per day. On the final sampling (Sep. 27), total root length was 1147 cm and the length of taproot, 1st order laterals, 2nd order laterals, 3rd order laterals and 4th order laterals were 82.9 (7.2 %), 493.1(43.0 %), 455.0 (39.7 %), 107.0 (9.3 %) and 8.0 cm (0.7 %), respectively. The 1st and 2nd order laterals developed vigorously and shared the large part of total root length. In contrast, dry weight distribution of root system showed that 70 % of root dry matter accumulated to taproot on the final harvest. The results indicate that root system of *G. uralensis* penetrates into deep soil layers within 90 days after transplanting, and then taproot elongation ceases probably due to enlargement of taproot diameter. Although, lateral roots share more than 80 % of total length, the root map shows that taproot plays an important role for construction of a deep root system.

根圏の低酸素ストレスに曝されたダイズの蒸散速度は 高二酸化炭素濃度によってさらに抑制される

荒木英樹*・石掛圭士

山口大学農学部附属農場

(連絡先: e-mail ahide@yamaguchi-u.ac.jp)

水田転換畑のダイズ栽培における湿害の原因のひとつは、過湿ストレスによって気孔が閉鎖し、乾物生産速度が低下することにある。この気孔閉鎖には、低酸素ストレスによる根の吸水能力の低下が関与していると考えられている。一方、過湿土壌条件下では、土壌中の酸素濃度が低下すると同時に、微生物や根の呼吸によって二酸化炭素濃度も高まる。しかし、この根圏の高二酸化炭素濃度がダイズの気孔開度や蒸散速度におよぼす影響は明らかにされていない。本研究では、根圏の低酸素および高二酸化炭素ストレスがダイズの蒸散速度におよぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】

実験は山口大学農学部附属農場内のピニルハウスで行った。パーミキュライトと水田土壌を 3:2 の割合で混合した培土を充填した素焼き鉢 (容積 1L) でダイズ (品種エンレイ) を開花期まで栽培した。2004 年 3 月 17 日に播種し、各ポット 1 個体植えとした。ガス暴露処理の 3 日前に主茎のみを残して全ての分枝を切除した。は種後 65 日に素焼き鉢を密閉容器に入れ、大気ガス (大気区)、窒素ガス (低 O_2 - CO_2 区)、窒素ガスに二酸化炭素ガスを混合した気体 (低 O_2 + CO_2 区) を容器内に通気させた。ガス処理期間中にポット重および葉面積を測定し、単位葉面積あたりの蒸散速度を算出した。処理開始後 2 および 3 日に密閉容器に通気したガスを採取し、酸素および二酸化炭素濃度をガスクロマトグラフィーで測定した。

【結果と考察】

大気区、低 O_2 - CO_2 区、低 O_2 + CO_2 区の密閉容器内に通気した気体の酸素濃度はそれぞれ 20.2, 1.42, 1.41%, 二酸化炭素濃度は 0.41, 0.21, 6.18% であった。ガス処理開始直後から低 O_2 - CO_2 区および低 O_2 - CO_2 区では葉面積あたりの蒸散速度が漸減し、処理 3 日目には両処理区の蒸散速度が対照区の 60% に低下した。低 O_2 - CO_2 区では、処理 4 日目以降でも蒸散速度が対照区の 60% 前後の水準で推移した。低 O_2 + CO_2 区では、処理 4 日目以降も蒸散速度の低下が進んだ。以上の結果から、根圏の高二酸化炭素条件が 4 日以上継続すると、強い低酸素ストレスに曝されたダイズでもさらに蒸散速度が低下することが明らかとなった。水田転換畑では、降雨条件によっては数日間作土中の二酸化炭素濃度が 1~7% になる。したがって、転換畑におけるダイズの湿害には、根圏の高二酸化炭素条件も密接に関係していると考えられた。