

カスパリー線の形態・発達に関する研究

唐原一郎 (富山大学・理学部・生物)

水や溶質を適切に吸収・保持し地上部へ送ることは根の最も重要な機能である。それを保障するために、全ての維管束植物の根の内皮には、隣り合う内皮細胞の間の細胞壁の一部にバンド状に疎水性物質が沈着したカスパリー線という細胞間構造が発達する。これ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に水や溶質を保持し、中心柱内外でアポプラスト環境を隔てる役割を果たしている。カスパリー線は19世紀に発見されて以来、機能についてはよく調べられてきたが、発達の制御や分子構造についてはこれまできちんと調べられていなかった。

・なぜカスパリー線なのか

一般的に、植物の環境応答の仕組みは外部形態レベルではよく調べられてきたが、内部組織レベルではまだ余りわかっていない。カスパリー線は根における物質輸送の要となる構造であるため、その発達は根の外的内的要因により柔軟に制御されていると思われる。

またカスパリー線は、細胞の一部分のみをバンド状に取り巻くように形成され、しかも内皮全体でつながって厳密に網状となっていなければ、アポプラストバリアとしての機能を果たさない。なぜ細胞を取り巻く一部分にのみ疎水性物質が沈着するのか、どうしてそれが細胞という枠組みをこえてつながっているのかなど、その発達を細胞レベルで考えると、興味深い問題が浮かび上がる。

そこで私は、カスパリー線の構造と発達の研究を通じて、植物が環境ストレス等の外的要因に応答して根の内部組織の発達を制御する仕組み、その制御における植物ホルモンなどのメディエータの関わり、組織形成における細胞間の相互作用とそれによる細胞内過程の制御、などについて腰を据えて明らかにしていきたいと考えた。

・発達面からの研究

まずカスパリー線の発達を組織レベルで解析するための実験系を模索した。カスパリー線は茎にも形成される場合がある。そこでまず実験材料として扱いやすいエンドウ茎を用い、カスパリー線の形成を簡便に判定し発達過程を解析するためのシステムを確立した。手始めにこの系を用いて、エンドウ茎においては、環境要因としての光がカスパリー線の発達を阻害すること、内皮細胞の分化は光の有無により柔軟に制御されていることを明らかにした。今後はさらに他の環境ストレスや植物ホルモンの関与などについて調べていく。

・構造面からの研究

カスパリー線の発達を細胞レベルで明らかにするためには、発達の指標となるマーカーを得るため、その構造を分子レベルで明らかにしなければならないと考え、まずカスパリー線を単離した。これによりカスパリー線が全ての細胞でつながっていることが直接的に示され、同時に、それまで染色法でしかわかっていなかったカスパリー線の成分の化学的分析が可能となり、カスパリー線には確かにリグニンと疎水性物質であるスベリンが存在することがわかった。

また細胞内の過程に着目するためエンドウ茎を用いて内皮組織に的確に阻害剤を投与する実験系をととのえた。カスパリー線は細胞間構造物であるから、その成分は分泌輸送により細胞外に放出されると考えられる。そこで分泌輸送阻害剤を投与したところカスパリー線の発達が阻害されたため、その過程には分泌輸送が関わっていることがはっきりした。また、茎の中でちょうどカスパリー線の発達が停止する位置においてカスパリー線の微細構造を調べたところ、その発達が阻害された細胞とされなかった細胞の間には、不完全な(半分の)カスパリー線が観察され、カスパリー線は確かに個々の細胞によって構造の単位が作られていることがわかった。今後はカスパリー線発達の指標となるマーカータンパク質の同定を進める。

・謝辞

本研究の過程でご指導を頂いた元大阪大学理学部の柴岡弘郎博士、お世話になった大阪大学理学部細胞生理学講座の皆様、共同で研究を行った富山大学理学部生物学科の学生の皆様、励ましを頂いた根研究会の先生方にこの場を借りて深くお礼を申し上げます。

水稲の出液速度からみた収量および品質の解析

大橋善之 (京都府農業総合研究所)

E-mail:yoshi@mbx.kyoto-inet.or.jp

水稲の収量や品質の形成においては、登熟過程が大きな影響を及ぼしている。特に、その過程での根系の生理活性の変化が、葉の光合成能や穂への養分転流に何らかの関わりをもち、収量や品質の形成に大きな影響を及ぼしていると思われる。そのためには根系の生理活性を評価し、地上部との関連について検討することが必要である。水稲の出液速度は、その測定に特別な機器を必要とせず、圃場条件下でも比較的簡単に実施できることから、生産現場における根系機能を評価する指標として期待している。そこで、水稲の出液速度を指標として、登熟期の根の生理活性と収量や品質との関連について検討した。

酒造好適米とは、日本酒を仕込むもととなる米で、玄米中に心白を発現することが、品種上の大きな特性である。心白をもつ酒造好適米は、日本酒を仕込む過程で心白に麹菌が侵入して、良質の麹が得ることができる。心白の発現は酵素活性の違いや心白発現部の組織特異性等から登熟時期のデンプンの蓄積がうるち米と異なるためと考えられている。そこで、うるち米と酒造好適米という玄米品質や成熟期の早晚性の異なる品種を用いて、出穂期と出穂20日後の出液速度を調査した。その結果、出液速度の推移は、うるち米や酒造好適米という用途に対応した傾向は認められなかったが、極早生品種と中生品種で異なる傾向を示した。そこで、1穂当たりの出液速度と調査時の地温との関係を検討したところ、両者の間には有意な正の相関が認められた。この結果は、単位根量当たりの生理活性が品種によらずほぼ一定であること、また、地温の影響を大きく受けることを示唆しているものと考えられた。また、出液速度と収量(精籾重)との関係について検討したところ、出液速度と収量との間には明らかな関係は認められなかったが、登熟や出根の特性やそれぞれの時期における地温が異なることから、これらの5品種だけで考察することは必ずしも適切でない可能性があり、今後さらに検討が必要である。

次に、栽培方法、特に栽植密度が出液速度に及ぼす影響を検討した。田植えの際に田植機の一部の条を抜いて植え付ける条抜き疎植栽培は、現有の田植機で超疎植栽培が可能であり、現地においては苗箱の減量による低コスト化、中干しや中間管理等の作業性の向上、登熟の向上による1株当たりの収量や食味の向上等を期待して実施されている。条抜き疎植栽培での登熟期の出液速度を調査し、収量や品質に及ぼす影響を検討した。その結果、出穂期および出穂21日後の出液速度は、条抜き区が対照区の30%以上も多く、1株当たりの根の生理活性が高くなっているものと考えられた。また、1穂当たりの出液速度では、有意差は認められなかったものの、出穂21日後では条抜き区が対照区の17%程度多かった。このことから、条抜き栽培では、登熟期の前半の根の活力が比較的高く保たれた可能性が示唆された。また、条抜き栽培は、1穂籾数が増加したが、 m^2 当たりの穂数が少なく、 m^2 当たりの籾数の確保ができなかったため、収量の減収率は、非植付け面積割合(33%)の半分以下に止まった。出穂期以降のSPAD値が高く推移し、白米の粗タンパク質含有率はやや高くなった。このことは、条抜き栽培により1株当たりで利用可能な地力窒素が多くなり、登熟前半の根の活力が高まって、稲体の窒素濃度が高くなったことが影響したものと考えられた。

以上の試験結果だけでは、出液速度と収量や品質などの関係については、未だに解析が不十分である。しかし、出液速度は、根系が地上部に能動的に関与する現象であり、その測定は、生産現場でも比較的簡易に実施できる方法である。そのため、生産現場での根系活性の診断に応用が可能であることから、様々な栽培条件のもとで、根系と地上部、収量や品質の形成との関係についてさらに検討を深めたいと考えている。

火山灰土壌での不耕起畑における畑作物の生育特性と根系分布

辻 博之 (北海道農業試験場・畑作研究センター)

082-0071 河西郡芽室町新生 e-mail: luzihiro@mnr.affrc.go.jp

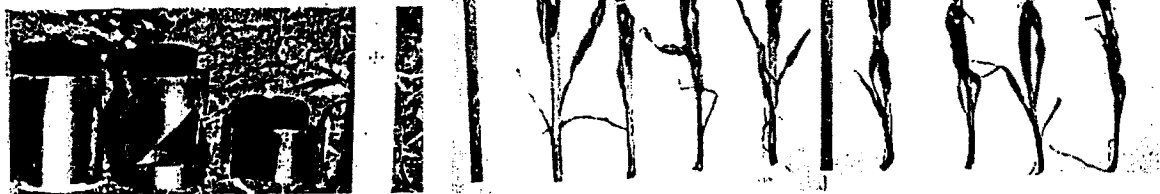
不耕起で栽培した畑作物の初期生育は、地温低下等による生育抑制や (Phillips, 1984)、転換畑での湿害による出芽不良などから (濱田 1993)、不安定であるというイメージが拭いさられていない状況にある。しかしながら、演者らは関東地方の火山灰土壌畑を不耕起で管理し作物を栽培したところ、夏作物の初期生育はほとんど例外なく促進されるという現象を観察した。また、その根系を調査したところ土壌表層における根量増加が観察された。演者は、軽しゅうで膨軟な特性を持つ火山灰土壌畑において、耕起を省略した表層土壌環境と根の分布に注目し、それらと作物の初期生育の関係を解明しようとした。なお、長期間不耕起を継続した畑では、リン酸や有機物などが表層に集積されること、作物残さが表層に残ると地温低下や土壌水分含有率が上昇することが知られている。これから紹介する研究ではそれらの影響を極力排除するために、実験の前作播種前に耕起を行い、不耕起1作目、作物残さ外部持出しの条件で実験を行った。

1. 表層土壌における根伸長方向と側根発達。

不耕起畑の作物根系を詳細に調査するために、圃場にバスケットを埋設し、そこに植えたトウモロコシとダイズの根系調査を行った。地上部の生育に差が生じる前は、慣行 (ロータリ耕区) と不耕起 (播種穴に播種) の間で根量に差が認められなかったが、不耕起による生育促進が認められた後の調査では、不耕起による根長増加が認められ、特に側根長の増加が顕著であった。また、一次根 (不定根、冠根) の伸長角度は垂直軸に対して大きくなっていった。これらから、この時期の不耕起畑の表層土壌は根系、特に側根の発達に有利な条件にあることが示唆された。

2. 表層土壌における根系の制限が生育とRb吸収活力に及ぼす影響

表層の根系の能力を評価するために、3種類の筒 (I: 高さ 70mm、II: 同じ高さで側面に穴があるもの、III: 高さ 30mmの筒) を用いて、トウモロコシとダイズの水平方向への根系発達を制限してみた。すると、根制限にともなう生育抑制は、不耕起では明瞭であるのに対して、慣行耕起では認められなかった (第1図)。さらに、RbCl 5%溶液を株からの距離5cm、深さ 5cmと 20cmにかん注し、



I II III 不耕起 (左より対照, I, III, II) ロータリ耕 (同じ配列)
第1図 根系を制限した筒と根の制限に対するトウモロコシの生育反応。

2週間後に作物を採取して吸収量を調査したところ、不耕起では表層(5cm)に施用したRbの吸収能が慣行耕起栽培に比べて高いこと、慣行耕起では表層からのRb吸収が、根を制限した場合とほとんど変わらないことが明らかになった。以上の実験から、不耕起では表層根系が養水分の吸収や生育に大きく寄与しているのに比べて、慣行耕起では表層根系の寄与は低いものと判断された。

3. 表層土壌環境に及ぼす耕起省略の影響

一連の試験では不耕起による養分の集積は明確に認められず、土壌水分ポテンシャルの推移にも大きな違いは認められなかった。しかし、降雨翌日の液相率が慣行耕起に比べて不耕起で高く、pF2.7の時期の液相率との差は慣行耕起に比べて不耕起のほうが大きかった(第1表)。これは、作物が比較的容易に利用できる水分の量が不耕起で増加していることを示しており、火山灰土壌畑における耕起省略により土壌が適度に締め固められたことが要因であると考えられる。そして、このような好適な土壌水分環境に加え、表層で根系が増加したことが養水分吸収を高め、初期生育を促進したと考えられる。

第1表 pF 1.5とpF 2.7の土壌三相率(%)

pF	不耕起			慣行耕起		
	気相	液相	固相	気相	液相	固相
1.5	16.0	52.5	31.5	36.8	38.8	24.4
2.7	25.7	42.5	31.8	43.4	32.5	24.1
液相率差 ¹⁾	10.0			6.3		

1) (pF1.5の液相率) - (pF2.7の液相率)。

第2表 干ばつに遭遇した陸稲の収量。

	不耕起	慣行耕起	慣行灌水
	----- (g m ⁻²) -----		
1992	178	16	-
1996	47	73	260
1997	338	145	238

1992年は灌水処理は実施せず。

品種は1992がトヨハタチ、他はコメノハタチ。

(辻ら2000、辻2000より改変)

4. 作物生産上の利点

このように、火山灰土壌畑の不耕起は生育初期に有利な土壌環境を現出させ、同時に作物はその環境に適した根系を作り上げていた。しかし、生育後期にもそれらの条件が有利に働くとは限らない。エロージョン防止や省力化といった目的とは別に、生産力を高める目的で、これまで述べてきたような不耕起栽培の利点を活かすためには、それに適した作物や作型を選択する必要がある。陸稲の干害回避には不耕起栽培は有効である場合があり(第2表)、初期生育の促進が収量に結びつきやすい葉菜類などでもその利点を活用できる可能性を持つと考えられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、農研センターの山本泰由室長はじめ作付体系研究室の皆様、つくば作物根セミナーに参加された皆様に御指導、御助言をいただきました。また、試験実施にあたっては農研センターの鈴木宗一班長、高木寛房技官はじめ業務第2科の皆様に尽力いただきました。皆様に心よりお礼を申し上げます。

引用文献

濱田千裕 1993 :日作紀 62(2):470-474.

Phillips, R. E. 1984 :Effects of climate on Performance of No-Tillage,

No-Tillage Agriculture p11-p41, Nostrand Reinhold Company Inc.

辻博之ら 2000 :日作紀 69(1):20-23

辻博之 2000 :根の研究 9(1):11-15

接ぎ木方法と根の発達に関する研究

西浦芳史 (大阪府立大学 nishiura@envi.osakafu-u.ac.jp)

1. 接ぎ木について 接ぎ木とは、増殖を目的とする植物を他の植物に接ぎあわせ、独立した新しい個体に養生する繁殖法であり、台木は根を使って養水分を吸収し、これを接ぎ穂に送り、接ぎ穂はこの送られてきた養水分を用いて光合成を行い、それによって得られた栄養分を台木に送り、互いに共生を行っている。接ぎ木では台木がはじめから養水分を吸収できる根系があるため、穂木で新たに不定根を形成させるのとは異なり、接ぎ木後の生育は旺盛である。

果菜類の接ぎ木は、1990年の栽培状況がスイカ、キュウリ、メロン、トマトおよびナスについて報告されており、栽培面積のうちの81.6%の調査対象であるが、それぞれ93%、72%、31%、32%、50%を接ぎ木栽培が占めており、1980年度の報告結果と比べ、キュウリ、トマト、ナスにおいて接ぎ木栽培の割合が増加している。また、接ぎ木方法は、挿し接ぎ、呼び接ぎ、割り接ぎなどが主流を占めており、接ぎ木の目的は、つる割れ病(ウリ科)、青枯れ病(ナス科)の抑制が主体である。

2. 新しい機械接ぎ木法(Plug-in Method)の紹介 接ぎ木は特性の異なる植物を融合させ、一体化させる操作であるため、両者(穂木と台木)間における養水分の移動が円滑に行われることが健全な苗をつくる基本となる。この操作において求められる植物学的な要件は、穂木と台木の接合面で両者の通導組織である導管や篩管および形成層を胚軸全体で一致させること、および順化過程における活着時間をできる限り短縮し、穂木および台木の消耗を極力少なくすることであり、これが活性の高い接ぎ木苗を獲得するための原則となる。そこで、この接ぎ木操作における問題は、接合面における組織学的に最適な形状とその加工方法であり、新たに提案した”Plug-in Method”は、接合面形状がテーパ軸とテーパ穴(円錐形)であるはめ合い接合機構を応用したもので、継ぎ手機構の中でも最も精度の高い接合機構である。この形状は、穂木・台木間における通導組織が効率的に結合するのに要する接触面の広がりが大きく、維管束を効率的に再構築するための必要条件を満たしており、両者間の接着強度も大きい。また、一般の接ぎ木操作に必要な穂木と台木を固定する補助的な器具(クリップ、テープ、接着剤)の使用を前提としない特徴がある。

3. 接ぎ木法と根の発達 果菜類では幼苗期に接ぎ木を行うため、その後の生育過程における樹勢が農産物の収量およびその品質、さらには栽培管理体系までを決定づける重要な鍵となる。この樹勢を決定する要因には地上部や地下部における植物環境など様々なものが考えられるが、接ぎ木に用いる穂木および台木の活性が重要で、特に、穂木の光合成能力と台木の根系発達が重要で、これがその植物のポテンシャルである。このポテンシャルを最大限までに発現するための条件を与える必要があり、ここでは、接ぎ木法の違いによる根系形成の違いについて調べたので報告する。接ぎ木法は、従来から行われてきた方法の中でも、活着、操作性、接ぎ木後の樹勢が最も良いと言われている挿し接ぎ法と、前述のプラグイン法を比較した。その結果、樹勢、莖径、根量などいずれもプラグイン法の有効性が認められた。さらに、幼苗では、十字互生葉序と同じ方向に側根が4方向に展開しているが、成育後の根はプラグイン法で等方性放射状形成されているのに対して、慣例

法ではつながっている方向のみでの発達がが多く観察された。このことは、慣例法では一部でしかつながらないため、穂木と台木のパイプが細く絞られている、あるいは一部が断絶しているのに対して、プラグイン法では全体でつながっており、太いパイプで結ばれていると考えられる。この根の発育は耐病性と大きく関わり、同じ土壌に植えられているにもかかわらず、この後、慣例法のみがすべて青枯れ病にかかる結果となった。このように、接ぎ木においては両者の養水分の導通を円滑にすることが大切であり、栽培においては、地上部（穂木）と地下部（台木）の活性のバランスが重要である。

4. 接ぎ木苗生産における培地構造と摘心処理と根の発達 接ぎ木加工は、手術と同様で植物に与えるダメージは極めて大きい。そのためにも、苗自身のポテンシャルを十分高めておく必要がある。半促成栽培苗の育苗は、不良気象条件下で行われると、苗の軟弱・徒長化、接ぎ木活着率の低下、病害の発生、生育の遅延等の苗質の低下がしばしばみられ、それぞれの地域の環境に適合した、気象変動による苗質の低下がみられない育苗技術の確立が必要となっている。近年の野菜苗の生産は、プラグ苗（セル成型苗）の全国的普及によって、面積当たりの生産性の向上や苗流通上の取り扱いの利便性等からセル成型苗が主流となり、生産規模も大型化し、苗生産＝苗産業という考え方が生まれ、定着してきている。苗生産の技術的課題は、大別すると環境制御技術、加工技術、物流管理技術に集中し、ハード技術よりソフト技術での負荷が大きい。ここでは環境制御技術問題について着目した。セル成型苗生産での大きな技術的課題としては、成型トレイ内のすべての苗が均一かつ健全に生産されることである。そのための重要な課題として、培地技術、発芽技術、灌水技術、生育コントロール技術があり、接ぎ木苗ではさらに、養生環境技術や順化環境技術が付加される。苗質の良い接ぎ木苗を安定生産するためには、健全かつ接ぎ木適性の高い台木や穂木の計画的な生産と早期安定確保が重要である。しかし、ハウスやガラス温室等を利用した従来の育苗法では、気象変動の影響から育苗時期によって苗の形質が異なり、揃った良質苗が計画的に得られない場合が多い。培地の状態や、採光条件の改良等、閉鎖型人工光下での育苗技術について、セル成型苗生産用培地の物理的な構造が苗質に与える影響と、良質な接ぎ木用台木・穂木の生産技術として、摘心の効果について根系形成の観点を中心に考察した。

<参考文献>

1. Nishiura, Y. and Honami, N. 1998. A production method for grafting scions and stocks - Characteristics of seedlings depend upon granularities of the culture medium and cell tray sizes -. *Applied Biological Science*, 3(2), 75-85
2. 西浦芳史・穂波信雄・平 知明 1999. 接ぎ木苗生産の機械化に関する研究（第3報） - 活着・順化装置の試作とプラグイン接ぎ木苗の特性 - . *農業機械学会誌*, 61(6), 91-101
3. 西浦芳史 1998. 接ぎ木と根の生育, 根の事典編集委員会 根の事典, 朝倉書店, 東京, 280-282
4. 西浦芳史 1998. 植物の根に関する諸問題 - 果菜類の接ぎ木苗生産における根の重要性(1) - *農業および園芸*, 73(4), 89-93
5. 西浦芳史 1998. 植物の根に関する諸問題 - 果菜類の接ぎ木苗生産における根の重要性(2) - *農業および園芸*, 73(5), 94-100
6. 西浦芳史 1998. 植物の根に関する諸問題 - 果菜類の接ぎ木苗生産における根の重要性(3) - *農業および園芸*, 73(6), 77-80

根の研究と樹木医技術

苧住 昇

(元森林総合研究所主任研究官)

karizumi@mri.biglobe.ne.jp

人間の生活と「根」との関係ができたのは極めて古い。後漢の許慎が選した説文解字 (100) には、「根」についての説明がある。この時代、現在の根と言う言葉を「根莖」と二字で記述している。「根」とは樹木の根で、目の中に鍼を打ち込んだ形で、容易に抜けないことを意味しており、「莖」とは草の根をいうとある。漢字ができた時代に、「木本植物の根」と「草本植物の根」を区別して字が作られていたということは、この時代から人々の生活中で樹木や草本植物の利用と栽培において「根」の重要性が認識されていたことを示している。後漢書 (1022) には「万物は「根莖」によって養われる」とある。唐の柳宗元 (773~819) の『種樹郭橐駝伝』で有名な植木屋の橐駝もその書「種樹書」のなかで移植や樹木栽培において根の働き働きの重要であると述べ、細根に「髻根」、主根に「命根」などの字を当てて根の取り扱いを説明している。柳宗元は橐駝の植木屋技術は洛陽第一で、金持ちや果樹など樹木の栽培屋は競って橐駝の指導を願ったと書いている。現代の樹木医の元祖にあたる存在であったと考えられる。

江戸時代の有名な植木屋である染井の伊藤伊兵衛もその著「花壇地錦抄」(1695)の中で、「土の剛柔にまじわりて根莖をなし」と土壌によって根系の発達のしかたが異なり、樹木栽培法の基礎が「根と土」にあると述べている。その序文を書いた人は伊兵衛の植物栽培技術が橐駝の域に達したと書いている。江戸時代の農学者である佐藤信淵の培養秘録 (1817) の中にも同様な記載がある。古くから植物栽培の元は「根」の育成が重要であることが認識されていた。

果樹や茶を除く各種樹木の栽培は林学の中で行われてきたが、林学の先駆者である寺崎 渡 (1928) は早くから林業における造林技術の中で、「根の研究」の重要性を認め、「森林樹木の根及根系の研究に関する文献学的研究」を発表した。これを引き継ぐ形で、苧住 (1958) は寺崎以降 1955 年までの文献を「林木の根系に関する文献」として発表し、根の研究の重要性を普及した。これらの樹木に関する文献の記述と研究を通して見られることは、樹木の根に関する研究が林業、造園といった技術に直接・間接的に結びついていることである。筆者も林業試験場にあつてこのような実践的立場から樹木の根について研究をすすめてきた。

「樹木の根の形態と分布」(1957) は森林の人工・天然更新の立場から根系の形態と分布を類型化して「適地適木」の指標を作ることを目的とし、「森林生産の場における根系の機構と機能」(1974~1990) は効率的な木材生産を図るための根のバイオマス測定による地下部の「吸収構造」の解析にあつた。森林の根のバイオマスを一定精度で測定することはきわめて困難で、このため、効率の良い根量の測定法が考えられた。

樹木を利用の対象とする林業や造園業では各種樹木の生理生態的特性を知ることが必要であるが、樹木の根については調査が困難なために、不明のところが多かつた。これを明らかにして樹木の植栽や管理に役立てるために、「樹木根系図説」(1979) では樹木の根の構造と機能の特性の説明とあわせて473種の樹木の根系について記載が行われた。

近時、環境問題とともに公園、街路樹や屋上緑化など都市緑化の問題が注目されるようになり、天然記念物の樹木や巨樹・巨木林などの取り扱い管理も含めて「樹木医」制度が創設された。筆者は樹木医技術の中で樹木の健全性の維持や樹勢の回復には「根と土壌」の問題は極めて重要で、土壌調査と共に根の診断を行うことを薦め、根の健全性の診断基準を作成した（1994）。この根の健全度の診断によって土壌改良や腐朽など根の治療を行った。森林では間伐など光のコントロールによって、樹勢を回復する技術もあるが、単木で成立する樹木で「根の活性化」を除いて「樹勢の活性化」は望めない。樹木では病虫害による被害もあるが、樹勢によってその発現の程度も異なり、根の成長と働きが旺盛な樹木では樹木の活力が大で、被害を最小に抑えることができる。樹木医技術の中で根を活性化する技術の役割は大きい。筆者は日本最大の樹木で、特別天然記念物に指定されている鹿児島島の「蒲生の大クス」や角館の天然記念物のイトザクラなど数100本におよぶ樹木の活性化を根の面から行い、効果を収めた。

樹木の地下部の健全度判定基準

評価	①根幹の腐朽と変色	②大根(直径2cm以上の)の枯死・腐朽変色	③小・中根(直径2-2cm)の枯死・腐朽変色	④細根(直径2cm以下)の枯死・腐朽変色	⑤根腐害	⑥根の切断部*の癒合と発根状態	⑦根系分布(垂直分布)	⑧根系分布(水平分布)	⑨地下部の健全度
1	枯死、腐朽、変色が認められない。健全。	枯死、腐朽がまったく見られない。健全。	認められない。根系の生長が良好で表皮は平滑である。根は適度に発達。	認められない。根系の生長は良好で表皮は平滑で健全。	根腐害と白根が極めて多い。枯死根は殆ど認められない。	癒合が良好で、切断部付近から発根が極めて多い。	根系の垂直分布に制限がない。樹木本来の形態特性が認められる。	分布に制限がない。	各項目とも評価が1~2で健全。
2	枯死、腐朽、変色がある。	枯死、腐朽が見られる。表皮に変色が見られる。	少しある。表皮はやや厚く、凹凸が認められる。	少しある。表皮はやや厚く、凹凸が認められる。	根腐害と白根が多い。枯死根が少しある。	癒合が良好で、発根が多い。	やや深い分布に制限がある。	やや制限がある。	各項目の評価は2~3で健全。
3	枯死、腐朽、変色部分がやや多い。	枯死、腐朽が多い。変色部分がやや多い。	多い。表皮がやや厚く、凹凸が認められる。根の層数がかなり見られる。	多い。表皮の生長がやや悪い。	根腐害の多さと白根は中程度。枯死根がある。	癒合が認められる。発根中程度。	分布の制限は中程度。	制限される。	各項目の評価は3~4で健全性に問題がある。
4	枯死、腐朽部分が大きい。	枯死、腐朽が多い。表皮の変色部分が多い。	かなり多い。表皮は厚く、凹凸が多い。層数が多い。	かなり多い。表皮の生長が悪い。	根腐害と白根は少ない。枯死根が多い。	癒合が悪い。発根が少ない。	分布の制限が大きく、深い。	かなり制限される。	各項目の評価は4~5で健全性は低い。
5	枯死、腐朽部分が著しく大きい。	大部分が枯死、腐朽。表皮の厚さが著しい。大径根の腐朽が主眼に達している。	著しく多い。表皮は厚く、凹凸が著しい。層数が極めて著しい。	著しく多い。根腐害の発生による根腐害が著しく認められる。表皮の生長が著しく悪い。	根腐害が少なく、枯死根が著しい。	切断部枯死。発根がない。	根系分布の阻害因子がある。垂直分布が著しく制限される。	阻害因子が著しく制限される。	各項目の評価は5が多くて、全体に不健全である。

*風により樹幹の動揺や屋上緑化の金網、補網などの人為によって根系の切断が起こる。切断部の腐朽や巻き込みなどの状態は根の活力に関係する。

(尚住昇：日本林学会論文誌 195, 496, 1994)

明治書院 1976. 新訳漢文大系 71, 唐宋八家文読本, 881~885

平凡社 1976. 東洋文庫 288, 花壇地錦抄・草花絵前集, 153~184

鹿児島県蒲生町教育委員会 2000. 日本一の巨樹 蒲生のクス, 34~70

尚住 昇ら 1958. 林木の根系に関する文献, 日林誌, 40 (5), 202~223

尚住 昇 1994. 滋賀県信楽町のイトザクラの診断と治療, 日林論, 105, 495~496

尚住 昇 2000. 樹木根系図説、誠文堂新光社

尚住 昇 1990. The Mechanism and Function of Tree Root in the Process of Forest Production,