

第 4 回根研究集会報告・講演要旨

去る 11 月 5 日（土）、東京大学農学部において「第 4 回根研究集会」が開催されました。研究発表は全 9 題で、4 部に分け各部ごとに 20 分ほどの討論の時間を設けました。40 人近い参加者があり、そのほか公開講演の時間帯には近くの高校生など一般の方々も来場し、講演を聴いたり根の実物や写真などの展示をみて楽しみました。懇親会にも 20 名ほどの会員が参加し、活発な議論と楽しい交流がなされました。

< プ ロ グ ラ ム >

第 1 部 司会 阿部 淳

不耕起畑における大豆の根系分布 ○辻 博之（農研センター）

堆肥混合土壌における根伸長促進活性の消長

○久米隆志¹，竹中 眞²（¹鹿児島農試・²農環研）

第 2 部 司会 福蔭 陽

果菜類における接ぎ木法と根の発達

○西浦芳史・穂波信雄・平 知明・下原口高志（大阪府大・農）

トチノキの子葉除去が地上部の成長と根の発達に及ぼす影響 ○谷口真吾（兵庫林試）

スギ、ヒノキ当年生実生苗の根系分岐形態におよぼす施肥および灌水の影響

○城田徹央・玉泉幸一郎・斎藤 明（九大・農）

公開講演 司会 阿部 淳

植物の根の特徴と役割 ○森田茂紀（東大・農）

植物の根と酸性雨 ○土肥哲哉（分析センター）

第 3 部 司会 森田茂紀

根の通気組織形成量の測り方 ○上埜喜八（東京農大・生物産業）

水生シダ、アカウキクサの根のアブシジョンについて ○上田英二（大阪府大・附属研）

第 4 部 司会 土肥哲哉

根の水分屈性におけるカルシウムの役割

○高野 守・高橋秀幸・菅 洋（東北大・遺生研）

硝酸イオンによるラッカセイの根粒着生阻害

○大門弘幸・堀 賢治・中川雅夫（大阪府立大・農）

○は講演者。

主催：第 4 回根研究集会実行委員

阿部 淳（東大・農），土肥哲哉（分析センター），福蔭 陽（東大・農），

森田茂紀（東大・農） 五十音順

協賛：ゲンゼ産業株式会社，トスコ株式会社

根の特徴と役割

東京大学農学部 森田茂紀

1. 高等植物の体制と生育の特徴

高等植物の体は分枝した軸と考えることができ、それぞれの軸の先端に分裂組織がある。これらの分裂組織は周期的に茎や葉を作りながら、もとの部分に積み重ねていく。そのため、植物の形態は、その部分が形成される時期の環境条件によって大きな影響を受ける。

2. 基本器官：茎と葉と根

高等植物のすべての構造は、茎か葉か根のどれかが変態したものと考えるられる。根にはいろいろな種類のものがあり、様々な名前が付けられているが、結局、種子に由来する根、茎に由来する根、根に由来する根の3種類に分類することができる。

3. 根の形態と生育の特徴

根は内生的に形成され、親器官の表皮組織を打ち破って出現する。必ず先端には分裂組織を保護する根冠があり、中心柱は原生中心柱である。根端から離れた部分で側根が内生的に形成される。どの根も同じような形態を呈しているのは、土壌中という比較的安定した環境下で進化してきたためと考えられる。また、根は普通、下方向に向かって伸長する。

4. 根の機能

根は植物体を支え、養水分を吸収し、その養水分を地上部へ転流する役割を果たす。先端部分からは土壌中へムシゲルを分泌され、また、根粒や菌根を形成することがある。さらに、植物ホルモンを含む様々な物質を合成したり、貯蔵したりすることもある。最近、根のセンサーとしての役割も注目されている。

5. 根系の形成

個々の根の形態は類似していても、根系全体の量や分布の様相は植物の種類や環境条件によって様々である。したがって、根の研究には、個々の根の生育と、個体あるいは個体群の根系の形成という異なる二つの側面がある。

植物の根と酸性雨

㈩ 分析センター 土肥 哲哉

現在、地球的規模の環境問題の1つに酸性雨の問題が挙げられます。酸性雨は森林の衰退や農作物の収量・品質などに影響を及ぼしている実態はよくマスコミ等で話題となります。しかし、普段は目に見えない植物の根や根を取り巻く土壌環境は酸性雨によってどのような影響を受けているのでしょうか？ 本日の講演では植物の根と酸性雨の関係について皆さんと考えて行きたいと思います。

1. 酸性雨とはどういう雨か

酸性雨は一般にpHが5.6以下の雨と定義され、現在、酸性雨は日本全域で降っており、特に大都市ではpHが4.5前後の酸性雨が観測されています。

2. 雨が酸性化されるメカニズム

工場や自動車などから排出される硫黄化合物や窒素化合物が光化学反応により、ガスと粒子状物質に分解され、これらは大気中に水分の無い場合は乾性降水物、また雲・霧が有る場合は湿性降水物としてそれぞれ植物の地上部や土壌の表層に降り注ぎます。酸性雨中の化学成分についてはCl, NO₃, SO₄などのイオンが検出され、今までの測定から初期雨(0-1mmの雨)が特にpHやイオン濃度が高く汚染度が高い雨であることが確認されました。

3. 酸性雨が植物の根に及ぼす影響

酸性雨は土壌の酸性化を通じて植物根に影響を及ぼすものと考えられます。本来、土壌には中和機能があり、土壌のpHはある程度一定に調節されていますが、酸性雨により酸性物質が徐々に土壌へ蓄積されるとCa, K, Mg等の栄養分の流失や有害なAlの溶出及び土壌微生物の減少などが生じます。これらは根系発達の抑制、根の養水分吸収力の低下及び病原菌に対する抵抗力の低下など根の形態的・生理的機能の抑制に関与するものと考えられ、根の機能が低下すると植物の地上部では生育不良が生じ、やがて植物は枯死します。

4. 酸性雨から植物の根を守るには

酸性雨による植物の根への影響を防ぐには①硫黄化合物や窒素化合物の大気放出を規制し、酸性雨の原因物質を抑制する。②CaCO₃などのアルカリ物質を施肥し、土壌の酸性化を防止する。③酸性雨のpH、各成分を測定し、植物への影響を調査する。以上のことが当面の対策として挙げられます。

不耕起畑における大豆の根系分布

辻 博之（農業研究センター）

不耕起畑では土壌の圧密化等の影響を受けて、作物の根は耕起畑とは異なった様相を示す。本試験では、根系を構成する要素（伸長角度、高次側根の発達程度）について調査し、耕起法の違いが根系分布に及ぼす影響について解析を試みた。

1. 試験方法

試験1 根長密度に及ぼす耕起法の影響

1991年の7月12日に大豆（タチナガハ）の根長密度を調査した。調査個体数は8個体
耕起法 耕起区・15cm深ロータリ耕 不耕起区・深さ5cm、幅5cmの播種溝のみ耕起。

試験2 耕起法が一次側根の高次側根の発達および伸長角度に及ぼす影響

1994年に大豆（ユメユタカ）の根について以下の調査を行なった。

- 1) 主根から一次側根が発生している深さ 2) 一次側根の長さ、二次側根の数
3) 三次以上の側根が出ている二次側根 4) 一次側根の伸長角度（水平面に対する角度）

1)～3)については7月6～8日と9月6日に8個体調査し、4)については9月6日に大小の組合せザル（耕起区は耕起後、不耕起区は93年夏作時に埋設）に播種した4個体を調査した。

（なお、調査時期には主軸の胚軸と根のさかいが不明確であるので、地下部の主軸全てを主根と称し、主根から発生する根は全て一次側根として扱った。）

耕起法：：耕起区・15cm深ロータリ耕 不耕起区・深さ4cm、φ1.2cm 程度の播種穴をあける。

2. 結果

①土壌表層(0～9cm)の根長密度は、畦間では不耕起区が耕起区に比べて高い値を示すが、比較的深層(9～30cm)では耕起区が不耕起区を上回る傾向を示した。

②不耕起区では耕起区に比べて生育初期（播種約1カ月後）から主根基部の一次側根で、高次側根の発達が認められた。

③耕起区においても、生育後期には主根基部の一次側根から発生した高次側根が認められたが、不耕起区に比べて少ない傾向にあった。

④一次側根の平均伸長角度は、耕起区に比べて不耕起区で小さかった（表1）。また、一次側根の伸長角度と高次側根との関係を見ると、耕起区では伸長角度が10°未満の一次側根からの高次側根の発達は、10°以上の場合に比べ劣る傾向にあったが、不耕起区では一次側根の伸長角度の影響は小さかった（表2）。

以上の結果から、不耕起条件では耕起した場合に比べ、①一次側根の伸長角度が小さく、②主根基部の一次側根に多くの高次の側根が発生したことから、土壌表層の根長密度が高くなるものと推察された。

表1 一次側根の伸長角度

一次側根の発生位置 ²⁾	耕起区	不耕起区
0～2.9	14.5° ± 7.1 ¹⁾	6.2° ± 6.3
3.0～6.0	15.2° ± 7.5	5.5° ± 6.8

1) 平均値±標準偏差

2) 地表面からの深さ(cm)

表2 一次側根の伸長角度と高次側根の発達の関係

一次側根の発生位置 ¹⁾	耕起区		不耕起区	
	< 10°	> 10°	< 10°	> 10°
0～2.9	0.34 ± 0.24	1.15 ± 0.53	1.64 ± 0.75	1.93 ± 0.55
3.0～6.0	1.02 ± 0.52	1.22 ± 0.64	1.38 ± 0.73	1.46 ± 0.71

1) 表1と同じ

2) 三次以上の側根が発生している二次側根の数/一次側根長(本/cm)

堆肥混合土壌における根伸長促進活性の消長

°久米隆志¹・竹中 眞²（¹鹿児島農試・²農環研）

1. 目的

有機物施用により畑作物の根系発達が進められる現象には、土壌理化学性の改善や根圏微生物相の健全化などの他に生理活性物質の関与が考えられる。すでに根伸長促進効果については、活性物質の関与が示唆されている。ここでは、堆肥を土壌に混合してからの根伸長促進活性の消長について検討した。

2. 試験方法

1) 試料：牛ふん堆肥（完熟）、淡色黒ボク土（農環研畑）

2) 培養方法

堆肥と土壌を乾物重で1：3（新鮮物容積で約1：1）に混合し、水分を最大容水量の50%とした試料200gを、500ml培養容器で、30℃暗所条件で培養した。

3) 抽出法

培養後0（混合直後）、1、2、4、6、8、10、12週目に、試料100gを水500mlで2回浸漬ろ過し、水抽出画分とした。残渣をメタノール500mlで1日間浸漬ろ過し、さらに500mlで抽出し、メタノール抽出画分とした。その残渣を酢酸エチル500mlで1日間浸漬ろ過し、さらに500mlで抽出し、酢酸エチル抽出画分とした。

4) 根伸長促進活性の評価法

各画分とも被験水溶液5mlの濃度を1、10、100、1000ppmの4段階に調製し、ろ紙を敷いたシャーレ中に添加した。1日間吸水、発根させたチンゲンサイの種子を20粒は種し、暗条件下25℃で4日間培養した後、根長を測定し、蒸留水の対照との比(%)を根伸長促進活性とした。

3. 結果及び考察

- 1) 根伸長促進活性は、水、メタノール、酢酸エチル画分とも、いずれの時期も1000ppm区が最も高かった。
- 2) また、1000ppm区では、いずれの時期もメタノール画分の活性が最も高く、酢酸エチル画分が最も低い傾向であった（図1）。
- 3) 水、酢酸エチル画分の活性は、混合直後が最も高く、その後減少した。また、メタノール画分の活性は、混合直後から2週目まで高く、その後減少し、8週目には最高時の約半分に低下した。これは、堆肥に含まれていた活性物質が徐々に分解するためと考える。しかし、8週目以降メタノール画分などでは活性の回復する傾向がみられ、これは、初期に堆肥に含まれていた根伸長活性物質以外に、培養中にも活性物質が生成される可能性を示すものと考えられる（図1）。

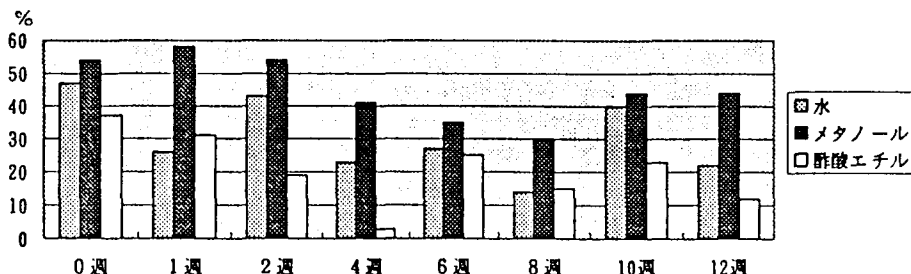


図1 各画分の1000ppm区の根伸長活性の推移

果菜類における接ぎ木法と根の発達

大阪府立大学農学部 西浦芳史・穂波信雄・平 知明・下原口高志

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師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る。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向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りました。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。

I はじめに

トチノキ (*Aesculus turbinata* Blume) は、冷温帯の溪畔林を構成する主要樹種のひとつである。材は均質かつ緻密なので、用材の用途が広い。種子は食用となり、トチ餅や和菓子などに加工される。トチノキは無胚乳種子であり、子葉にデンプン、脂肪などが大量に貯蔵される。子葉は発芽後も地中に残り、発芽後の初期成長に伴い、胚乳に代わって養分を芽生えに供給する地下子葉型植物である。しかし、子葉の発芽から当年期の成長に及ぼす役割についての詳しい研究は少ない。そこで、トチノキの育苗の基礎資料として、芽生えの発育生理と芽生えの成長に及ぼす子葉の役割、根の発達に及ぼす影響について調査したので報告する。

II 材料と方法

材料は1993年9月、兵庫県美方郡で採取した種子を用いた。種子は -2°C で貯蔵後、1994年3月上旬に兵庫県立林業試験場緑化センター構内の苗畑に播種した。苗畑の土壌は黒色火山灰土で施肥は行っていない。種子は生重量が平均 $16.6 \pm 2.6\text{g}$ のものに揃えた。試料採取は橋詰(1992)に準じ、表-1のとおり芽生えの発育ステージを7段階に分けて行った。試料は各ステージにつき10本とし、各部分の成長量を測定後、 85°C 48時間の恒温乾燥を行った。その内S1~S7について、子葉除去を1ステージにつき20本行った。子葉は子葉柄の部分を手鋸で切取った。子葉を除去した芽生え(処理区)は、10月中旬まで3~7日おきに伸長量の測定を行い、対照として、子葉除去を行わない芽生え(無処理区)との比較を行った。10月中旬に両処理区とも掘取り調査を行った。根の形態的な分類は、①水平根…水平に発達するもの、②垂下根…根株、水平根から垂下しているもの、③斜出根…根株から分岐し、斜めに走っているもの、④抗根…垂下根の中で特に直線状の太い根の4区分とした。さらに、根の太さ別の分類は、①中径根… $5 \sim 20\text{mm}$ 、②小径根… $2 \sim 5\text{mm}$ 、③細根… 2mm 以下、④根株… 50mm 以上とした。

表-1 芽生えの発育ステージ

ステージ	芽生えの発育状態
S0	播種前の休眠種子
S1	上胚軸発生時(発芽9日後)
S2	初生葉発生時(発芽12日後)
S3	本葉発生時(発芽18日後)
S4	本葉発生9日後
S5	本葉発生20日後
S6	本葉発生30日後
S7	本葉発生52日後

III 結果と考察

①芽生えの発育に伴う子葉除去直後の各部分の乾燥重量の変化

子葉の乾燥重量は発芽後連続的に減少した。これに対し、葉柄+葉、莖、根の乾燥重量は、S4以降急速に増加した。これらの結果から、芽生えの成長は、子葉の養分を芽生えの各部分へ供給しているものと考えられ、芽生えの初期成長は子葉に大きく依存していることがわかった。

②子葉除去を行った芽生えの成長

無処理区では、発芽直後から葉柄+葉、莖の地上部が急速に成長し、根の乾燥重量の占める割合は低く、根の発達が悪いことが示唆された。しかし、処理区の内S2, S3, S5, S6は、無処理区よりも根の成長量が大きくなった。これは、子葉除去により、芽生えの成長が子葉の養分に依存できなくなったため、地上部の成長を適度に抑えながら、早い段階で根を発達させたものと考えられる。

③子葉が根の発達に及ぼす影響

処理区での当年期の成長停止期においては、子葉除去の処理ステージが遅くなるに伴って、水平根の本数は減少し、垂下根の本数が増加した。S1~S3では無処理区と比べ、苗高は低く、斜出根、水平根数が多かったが、S4~S7では無処理区とほぼ同程度の苗高で、垂下根は多かった。すなわち、根系発達と伸長成長には密接な関係があるものと考えられる。垂下根が顕著に発達したS5~S7では、伸長成長が良いことから、直根性のトチノキは、子葉を除去されたことによって、根からの積極的な養分吸収が必要となり、根系の深さが拡大したものと考えられる。さらに、成長停止期の根の太さ別の乾燥重量は、S1~S3では、中径根、小径根、細根が無処理区に比べ、小さかったが、S4~S7は無処理区とほぼ同じがそれよりも少し大きくなった。S4~S7では、根株が顕著に増加し、子葉を除去したことによって、根系の発達が促進され、典型的な直根型の「ごぼう根」状の貯蔵根(根株)が発達した。根の太さ別の乾燥重量の割合は、子葉除去の処理ステージが遅くなるに伴って、細根の割合が減少した。これは、子葉が除去されたため、細根量を増加させて養分吸収を促進する必要があったことによるものと思われる。S3以降の処理では吸収養分の貯蔵根と考えられる中径根の割合が増加した。

スギ、ヒノキ当年生実生苗の 根系分岐形態におよぼす 施肥および灌水の影響

城田 徹央・玉泉 幸一郎・齋藤 明（九州大学農学部）

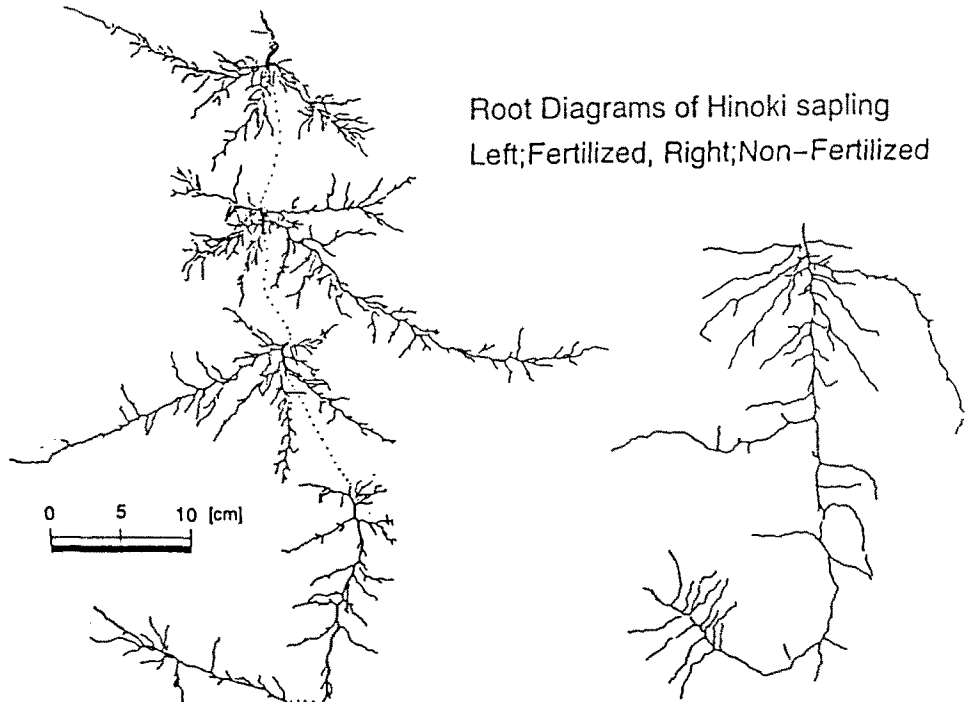
異なる養分、水分環境下で生育した当年生スギ、ヒノキの根系形態について Fitter (1986) の方法を参考に解析を行った。根系を外側リンク（根端と分岐点との結節）および内側リンク（分岐点と分岐点との結節）とに分け、その全長と数を計測した。このとき外側リンク数は根端数に、内側リンク数は根端数 - 1 に等しい。リンク長比、平均外側リンク長および分岐密度を次式に基づいて算出した。

$$\begin{aligned} \text{リンク長比} &= \text{外側リンク全長} / \text{内側リンク全長} \\ \text{平均外側リンク長} &= \text{外側リンク全長} / \text{外側リンク数} \\ \text{分岐密度} &= \text{外側リンク数} / \text{内側リンク全長} \end{aligned}$$

このときリンク長比について次式が成立する。

$$\text{リンク長比} = \text{平均外側リンク長} \times \text{分岐密度}$$

それぞれの因子に対する環境要因の影響をみると、リンク長比は樹種によって一定（スギ;1.5, ヒノキ;2.0）であり環境要因の影響はなかった。これに対し平均外側リンク長は施肥条件または灌水条件がよくなるほど短くなり、分岐密度は高くなることが示された。すなわち下図に示されるように土壌環境が良くなれば密な分岐形態を示し、単位空間により多くの根を配置すると考えられた。



植物の根には低酸素条件下におかれることにより皮層部分が崩壊するものがある。この崩壊部分は生長点への酸素の通路として役立つことが考えられ、通気組織とも呼ばれている。切片を作成することにより、通気組織を観察することができるが、根全体の通気組織形成量を知るためには切片法ではかなりの労力が必要となる。根の通気組織形成量の測定法として、Katayama (1961)とJensen (1969)の方法がある。しかしながら、Katayama (1961)による方法は操作がやや煩雑であり、またJensen (1969)の方法は材料を押しつぶすため、誤差が大きくなることが考えられる。そこで両者の方法を組み合わせた方法を図1に示した。この方法で、ササニシキ（イネ）、セリア（トウモロコシ）、スワン（エンバク）およびキカイハダカ（オオムギ）の通気組織の形成量を測定した。材料は25℃の暗条件下で水耕し、種子根の長さが6cmに達したとき根端～1.5cm、1.5cm～3.0cm、3.0cm～4.5cm、4.5cm～6.0cmの部位を実験に用いた。各部位とも生重が0.1～0.3g程度になるように準備した。試料の体積に対する通気組織の体積の割合は

$$\frac{PR' - PR}{P + R - PR} \times 100$$

より求めた（図2）。

通気組織の形成量はイネが最も多く、次いでトウモロコシ、エンバク、オオムギの順となった。畑作物に比べ、イネは通気組織の形成量が多いこと、トウモロコシは水耕により通気組織の量が増えること、といった従来の知見を支持する結果となった。

Jensen, C.R., R.J. Luxmoore, S.D. Van Gundy and L.H. Stolzy (1969) Root air space measurements by a pycnometer

method. Agron. J. 61:474-475.

Katayama, T. (1961) Studies on the intercellular spaces in rice. I. Jpn. J. Crop Sci. 29:229-233.

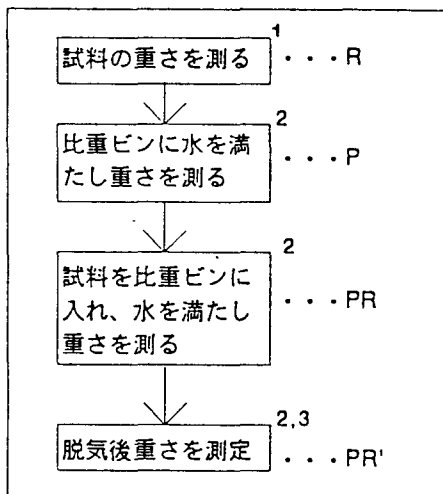


図1 通気組織形成量の測定方法

- 1:0.1～0.3g程度
- 2:比重ビン(25ml容)のふたの頂部をパラフィルムで封じ水の蒸発を防止し重さを測定する。
- 3:真空ポンプで脱気する。脱気時間は5分とし、3回繰り返す。

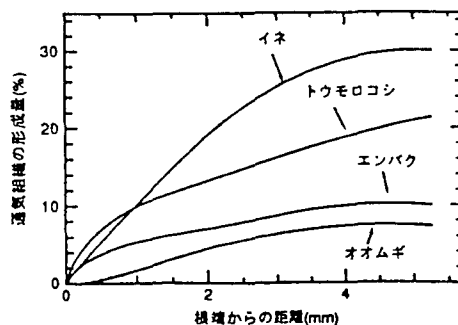


図2 作物による通気組織形成量の差異

水性シダ、アカウキクサの根のアブシジョンについて

上田英二（大阪府立大学付属研究所）

水性シダ、アカウキクサは、根が脱離する珍しい植物として知られている。アカウキクサの根の脱離は、通常のアブシジョンと同じ様式で起こるものと推察されている。しかし、現在まで、それを直接示すような研究はない。一方、私たちは、アカウキクサをある種の化学物質 azide, 2,4-dinitrophenol, CCCP などのいわゆる呼吸阻害剤で処理すると、急速な根の脱離を引き起こすことを発見した。根の脱離は、薬剤処理後 30 分以内に 10 mm 以上の根についてはほぼ 100 % の頻度で起こった。アブシジョンの過程は、通常、20 時間以上を要する比較的ゆっくりした過程であると考えられるので、呼吸阻害剤による急速な根の脱離は、通常のアブシジョンとは異なるメカニズムによって起こるのかもしれない。私たちは、この急速な根の脱離のメカニズムを調べるとともに、アブシジョンとの関わりについても検討した。

私たちは、まず、通常のアブシジョンによると思われる比較的ゆっくりした根の脱離と呼吸阻害剤による急速な根の脱離の現象の形態学的比較から始めた。アカウキクサの根の基部には離層を構成する数層の離層細胞が観察された。アカウキクサの根の令がある程度に達すると、離層細胞の細胞壁中葉 (middle lamella) が次第に消失し始めた。さらにその令が進行すると一次壁の分解も認められ、やがて、離層細胞の膨潤や遊離を伴う根の脱離が認められた。以上が、アカウキクサの根のアブシジョンの過程であり、他の植物で観察されている通常のアブシジョンと同じ様式で起こると考えられた。一方、呼吸阻害剤処理による急速な脱離の過程でも、アブシジョンの過程と同じように、離層細胞中葉の急速な消失とそれに伴う離層細胞の膨潤や分離などの過程が認められた（ただし、非常に短い時間で起こった）。しかし、通常のアブシジョンとは異なり、一次壁の分解を示すような像を観察することはできなかった。

呼吸阻害剤による離層細胞の急速な膨潤や分離の過程は、detached root を用いて再現することができた。呼吸阻害剤による detached root の離層細胞の膨潤や分離の過程は、pH 5 - pH 6 の緩衝液の共存は、阻害的に働くのに対して、pH 6.5 以上の pH の緩衝液は呼吸阻害剤なしでも離層細胞の膨潤や分離を引き起こした。更に、呼吸阻害剤による離層細胞の膨潤や分離の過程は、シクロヘキシミドやアクチノマイシン D では阻害されなかったが、パパインではほぼ完全に阻害された。以上の結果から、私たちは現在、急速な脱離の過程は次のように起こると推察している。呼吸阻害剤は、細胞膜のイオンの透過性を変えることによって、離層細胞外側近傍の pH を上昇させる。このことが、恐らく、細胞壁に存在する細胞壁分解酵素を活性化させ、細胞壁中葉を急速に分解する。このことが、離層細胞の細胞壁の強度の減少や細胞接着力の減少を引き起こし、細胞の膨潤や分離を引き起こす。結果として急速に根が脱離するのではないかと考えている。しかし、急速な根の脱離の現象（中性 pH の緩衝液によって離層細胞の膨潤や遊離の現象を含む）は、通常のアブシジョンの強調された一断面なのか、アブシジョンとは全く異なる反応なのかについては現在不明である。

アカウキクサの根は水中で複雑に絡み合っており、それぞれの個体は容易に水面を移動することができない。根の脱離は、それぞれの個体の自由度を増加させ、風や水面の移動に伴う自身の移動を容易にすると考えられる。従って、根の脱離は、アカウキクサが水面に広がって繁殖するための戦略として機能しているものと考えられる。一方、アカウキクサで見られる急速な根の脱離の現象が、実際のアカウキクサで機能しているか否かは明らかではない。しかし、アカウキクサが生育する池の水が汚染されたとき（呼吸阻害などの生育阻害が起こったとき）、急速に根を脱離して新しい環境への迅速な移動を可能にしているのかもしれない。

根の水分屈性におけるカルシウムの役割

高野 守・高橋秀幸・菅 洋（東北大・遺伝生態研究センター）

根の水分屈性の発現機構について、これまで、根冠が水分勾配の感受部位であり、水分屈性は、屈曲（偏差成長）を誘導する何らかの情報が、根冠から伸長帯に偏差的に伝達されて起こることが示された。この水分屈性発現機構は、重力屈性のそれに類似している。そこで本研究では、重力屈性でその役割が指摘されているカルシウムと水分屈性の関係を解析した。

材料および方法

重力屈性を欠損した突然変異体のエンドウ (*ageotropum*) の種子を25℃・暗黒下で発芽させ、主根が3-5 cm となった芽生えを実験に用いた。根が垂直になるように、湿ったガーゼを重ねて巻き付けたスタイロフォーム板に芽生えを固定し、相対湿度を約93%に保ったチャンバー内に密閉した。

まず、根の水分屈性が根冠部における浸透圧勾配（水ストレス勾配）によるものかどうかを検討するために、1 mm³の大きさの1%寒天片に0-2 MPaの浸透圧になるように各濃度のソルビトールを含ませ、それを根冠あるいは伸長帯の片側に付着させて根の屈曲を調べた。次に、カルシウムが根の屈曲に及ぼす作用を検討するために、10 mMのCaCl₂を含ませた寒天片を根の根冠あるいは伸長帯の片側に与えて、その後の屈曲成長を調べた。

また、根をいろいろな濃度のソルビトール溶液で1時間処理した後、あるいはチャンバー内の気中に1-4時間さらしてからカルシウム寒天片を根冠の片側に与えて、カルシウムの屈曲誘導に対する水ストレスの影響を調べた。

さらにカルシウムの作用を明らかにするために、根の先端をEGTA溶液(10⁻⁴ M)で1時間処理した後、ソルビトール寒天片を根冠部の片側に付着させた。また、EGTAの前処理が根の水分屈性発現に及ぼす作用も調べた。

結果および考察

根冠の片側に与えられた0.5-1.5 MPaのソルビトール寒天片によって、根はソルビトール寒天片とは反対側に屈曲し、根の水分屈性が、根冠における水ストレス勾配の感受を介して発現するものであることが初めて示された。また、比較的高濃度のソルビトールを含んだ寒天片を根の伸長帯の片側に与えた場合、根は逆にソルビトール寒天片側に屈曲した。また、根冠の片側にカルシウムを濃度別に処理した場合、根はカルシウム寒天片と反対側に屈曲し、その屈曲はカルシウム濃度が高くなるのに伴って増大した。このカルシウムによる根の屈曲は、一定の水ストレスによって促進されることが明らかになった。さらに、気中の湿度勾配およびソルビトールの浸透圧勾配による水分屈性は、EGTAの前処理によって阻害された。

以上の結果から、水分屈性は根冠による水ストレス（浸透圧）勾配の感受によって生じ、その感受機構にカルシウムが関与するものと考えられる。

硝酸イオンによるラッカセイの根粒着生阻害

大門 弘幸*・堀 賢治・中川雅夫 (大阪府立大学農学部)

マメ科作物、根粒菌による窒素固定を阻害する要因の一つとして、培地中の窒素化合物があげられる。阻害機構に関する研究は、1) ニトロシルレグヘモグロビンの生成による酸素防御機構の失活、2) NH_4^+ の上昇によるニトロゲナーゼ生成の抑制、3) 硝酸還元酵素の上昇による炭水化物の消費とそれに伴うATP/ADP比の減少など、主として着生した根粒における窒素固定活性の発現に関する部分で解析されている。一方、根粒菌の感染から根粒形成に至る過程に関しては、シグナル物質を介したautoregulationによる制御に興味を持たれているものの、窒素化合物による感染阻害については十分な知見がない。根粒菌の感染は、根圏土壌における菌の増殖に始まり、菌の根毛への付着、根毛の湾曲化、感染系の形成と進行する。この過程で土壌中で還元された亜硝酸が、根毛の湾曲化を誘導するIAAを分解して感染を阻害するとの報告がある。演者らは、他のマメ科作物とは異なり、根毛を形成しないラッカセイについて、窒素化合物と根粒着生との間の応答反応を明確にしたいと考えている。そこで、本実験ではまず、根系や根粒着生数の観察が比較的容易な水耕栽培法を用いて、培養液中の硝酸態Nおよびアンモニア態Nがラッカセイの根粒着生と窒素固定活性に及ぼす影響を調査した。

試験には、品種chicoを供試した。小型プランターを用い、播種後7日齢の実生を1プランター当たり4株移植した。試験は2反復で行った。培養液には、Broughton & Dillworthの培地を用い、 KNO_3 ならびに $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ をそれぞれNとして10、50、100、200 ppm添加した8試験区を設定した。根粒菌(A2R1系統)の接種は移植後2日目に行った。移植後40日目に、地上部、地下部別の乾物重、全窒素、全炭素含有量、根粒数、アセチレン還元能を測定した。

硝酸態N施用区において、乾物重は、地上部、地下部ともに100 ppm区が最も高い値を示し、次いで200 ppm区、50 ppm区、10 ppm区の順であった。全窒素含有量も乾物重とほぼ同様の傾向を示したが、50 ppm区と100 ppm区との差は乾物重における差よりも小さかった。アンモニア態N施用区では、何れの濃度区においても、葉身がやや褐変するアンモニア障害が生じた。生育が進むにつれて症状は認められなくなったが、乾物重、全窒素含有量ともに硝酸態N施用区に比べて低い値を示した。なお、培養液のpHは2~3日毎に6.0に調整したが、アンモニア態N施用区でやや低い値を示す傾向にあった。根粒の着生は、接種後10~15日目に確認され、何れの濃度区も硝酸態N施用区の方が多く着生した。硝酸態N施用区内では、50 ppm区が最も多く、次いで100 ppm区、10 ppm区の順となり、200 ppm区では著しく少なかった。一方、根粒生体重は、50 ppm区と10 ppm区の両区がほぼ同程度に高い値を示し、次いで100 ppm区、200 ppm区の順であった。従って、根粒1個当たりの生体重は10 ppm区が最も大きく、硝酸態N濃度が高くなるにつれて小さくなる傾向が示された。植物1個体当たりのアセチレン還元活性は、硝酸態N施用区では、50 ppm区で最も高く200 ppm区で最も低かった。アンモニア態N施用区では、施用濃度が高くなるにしたがって低い値を示した。根粒1個当たりの活性では、両施用区ともに、100 ppm区、200 ppm区が低かった。

以上のように、植物体の窒素吸収量(肥料窒素+固定窒素)は、100 ppm区、200 ppm区といった高濃度のN施用によって高くなったが、根粒着生数や根粒重は明らかに抑制された。また、窒素固定活性は、個体当たりおよび個々の根粒当たりともに施用Nによって抑制されることが示された。アンモニア態N施用は、毒性の生じない低濃度であれば、吸収、同化のエネルギー効率から硝酸態N施用よりも窒素固定に有効である可能性もあるが、本実験では障害が生じ、明確な結論は得られなかった。硝酸態N施用区における地上部全炭素1g当たりのアセチレン還元活性を算出したところ、10、50 ppm区が100、200 ppm区に比べて著しく高く、高濃度区におけ窒素固定へのエネルギー供給の低さが示唆された。今後は、感染の初期過程や根系構造と施用窒素との間の応答反応を探るべく研究を進めたいと考えている。