

氏名	おだ あさよ 小 田 麻 代
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	甲第299号
学位授与年月日	平成15年 9月19日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	森林に及ぼす酸性雨の影響に関する生理生態学的研究 －根圏のアルミニウムが樹木の成長，形態，及び内生成 長調節物質濃度に与える影響－
学位論文審査委員	(主査) 山本福壽 (副査) 作野友康 片桐成夫 古川郁夫 佐野淳之

学位論文の内容の要旨

申請者は土壌－根系を通じて植物体がこうむる酸性雨の生理的影響について、土壌の酸性化に伴うアルミニウムイオン (Al^{3+}) の増加とその毒理作用について研究を進めてきた。水耕栽培法を用いた実験によって根圏の Al^{3+} 濃度と樹木の成長との関係を調べ、「 Al^{3+} の高濃度域では成長がかえって促進される」、という全く新しい現象を見出した。この現象は酸性雨による森林の衰退・枯死のプロセスを明らかにする上で極めて重要なカギとなるものと期待される。特に植物体内における Al^{3+} の動態、及び Al^{3+} が内的な成長制御機構に及ぼす影響の解明は、酸性雨による森林衰退機構解明の核心的な部分である。現在までの実験結果より、酸性土壌に生育するアルミニウム蓄積植物であるチャノキのほかに、日本に自生する一般的な広葉樹は、アルミニウム処理に特有の発根現象を呈し、地下部にアルミニウムを大量に蓄積することにより地上部へのアルミニウム毒性の発現を抑制していることが明らかになった。また、この根へのアルミニウムの蓄積には、樹体中のリン濃度、あるいは樹体中へのリン吸収が深く関わっており、さらにアルミニウム蓄積に伴ってカルシウム濃度が低下することも明らかになった。また、これまで発根に不可欠とされてきたカルシウムに対してアルミニウムが代替性をもつことが明らかとなった。また、アルミニウム処理がリグニンの蓄積抑制に関わっていることも示唆される結果が得られた。つまり、リグニンの蓄積によって根の伸長が停止することを、アルミニウムが阻止していることが予測される。しかし、長期アルミニウム処理では、根長は良く伸びるが乾物重は抑制され、地上部も成長が抑制された。さらに、根の細胞の組織学的観察によって、細胞の拡大と細胞数の増加、液胞の拡大が確認された。この結果を得てメカニズミックな知見を得るために、細胞分裂に関わるとされるサイトカニン濃度を測定したところアルミニウム処理後7日目でやや高まっていることが明らかになった。また、細胞壁の酸成長に関わるとされるオーキシシン濃度は通常上下している間は根は伸長しないが、アルミニウム処理区では低濃度で一定化しており、根の成長に最適な濃度であったことが明らかとなった。オーキシシン生成と代謝に関わる酵素活性も変化しており、オーキシシン濃度の変化を裏付けた。リグニンとオーキシシンの前駆物質は形態が類似していることから、アルミニウム

処理がこれらの前駆物質に影響していることを示唆する結果が以上の実験より得られている。

従って、樹木は酸性雨によって土壌が酸性化し土壌溶液中に溶出してくるアルミニウムによって成長阻害を受けるのという説には疑問がもたれる。本研究結果から、樹木は土壌粒子表面に電氣的に付着する大量の交換性アルミニウムに対して耐性を取得しており、初期成長にはむしろ有利に利用している可能性があることが示唆された。

論文審査の結果の要旨

酸性降下物による土壌の pH 低下とそれにとまなう粘土鉱物の主成分であるアルミニウムの溶脱、植物の成長に大きな影響を及ぼすことが知られる。一般的にアルミニウムイオンは酸性土壌における最も重要な生育阻害因子とされており、さまざまな濃度における植物の感受性や耐性に関する研究が行われてきている。ヨーロッパをはじめ、世界各地で報告される森林衰退の原因もまた、酸性降下物の増加にとまなうアルミニウムストレスが取りざたされている。

本研究は、土壌-根系を通じて樹木がこうむる酸性雨の生理的影響等を明らかにすることを目的として、土壌の酸性化にとまなうアルミニウムイオン (Al^{3+}) の増加とその毒理作用についての水耕栽培法によるモデル実験を中心に研究を展開し、その結果を取りまとめたものである。

提出された論文は 10 章からなる。第 1 章の序論では、研究の背景となる酸性雨問題の現状やアルミニウムと植物との関係についてまとめている。第 2 章は、「蒜山演習林における酸性雨及び林内雨の現状」と題し、申請者がこれまでに野外で調査・分析してきたデータを中心にまとめている。第 3 章では、「水耕培養液のアルミニウム濃度が樹木苗木の成長に及ぼす影響」と題し、4 種の樹木苗木をアルミニウムの影響下で水耕栽培した結果、 $2.7mM$ のアルミニウムが根の成長を著しく促進することを突き止めている。第 4 章では「水耕培養液中のリン及びアルミニウム濃度が樹木苗木の成長に及ぼす影響」と題し、クヌギ苗木におけるアルミニウムによる発根現象は、高濃度のリンによって抑制されることを見出している。第 5 章では「リン及びカルシウム欠乏下にあるクヌギ苗木の成長に水耕培養液中のアルミニウム濃度が及ぼす影響」と題し、リンとともにカルシウムの影響について詳細に検討され、カルシウム欠乏処理によって抑制された根の成長はアルミニウム処理で回復、アルミニウムによる根のカルシウム溶脱、アルミニウム処理による根の細胞の液胞拡大などを明らかにした。第 6 章では、クスノキ苗木を用い、「アルミニウム処理と高濃度リン処理及びリン欠乏処理が樹木の成長に及ぼす影響」と題し、樹体内のリン濃度とアルミニウムとの関係が論じられた。第 7 章では「長期のアルミニウム処理が樹木の成長に及ぼす影響」と題し、長期間のアルミニウム処理による成長減退について論じた。第 8 章と第 9 章では「アルミニウム処理が樹木苗木根のサイトカイニン量に及ぼす影響」、及び「アルミニウム処理が樹木苗木根のオーキシン濃度に及ぼす影響」と題し、成長に密接に関わる 2 種の植物ホルモンの濃度変化を調べ、アルミニウム処理によるサイトカイニン濃度の増加傾向、オーキシン濃度の低濃度一定化などの結果と根の細胞数増加や細胞径増大との関係について論じた。さらにこれらの結果を第 10 章に総合考察としてまとめている。

本論文では、主に水耕栽培法を用いた実験によって根圏の Al^{3+} 濃度と樹木の成長との関係を調べ、 Al^{3+} の高濃度域では成長が促進されるというまったく新しい現象を見出している。この現象は酸性雨による森林の衰退・枯死のプロセスを明らかにする上で極めて重要なカギとなるものと期待される。特に植物体内における Al^{3+} の動態、及び Al^{3+} が内的な成長制御機構に及ぼす影響の解明は、酸性雨に

よる森林衰退機構解明の核心的な部分である。申請者による一連の研究により、一般的な広葉樹はアルミニウム処理による特有の発根現象を呈し、地下部にアルミニウムを大量に蓄積することにより地上部へのアルミニウム毒性の発現を抑制していることが明らかになった。また、この根へのアルミニウムの蓄積には、樹体中のリン濃度、あるいは樹体中へのリン吸収が深くかかわっていること、発根に不可欠とされてきたカルシウムに対してアルミニウムが代替性を持つこと、アルミニウムによる根の細胞拡大、細胞数増加、液胞の拡大などが明らかにされた。さらに根の構造変化とサイトカイニンやオーキシンの役割についての考察を深めた。

以上のように本論文では、酸性雨による土壌の酸性化と溶出アルミニウムによる樹木の成長阻害という単純な仮説を覆し、樹木はアルミニウム濃度の初期上昇に対して根量の増加などの複雑な形態的、生理的応答を下すことを明らかにした。この成果は、酸性雨が森林に及ぼす影響についての先駆的な業績であると認められる。このことから、申請者の論文は博士（農学）の学位論文として十分な価値を有するものであると審査員一同判定した。