

学 位 論 文 題 名

作物生育におけるリンとアルミニウムの相互作用の解析

学位論文内容の要旨

酸性土壌では作物の生産性が低く、これは主にアルミニウム（Al）毒性とリン（P）欠乏に起因する。本研究は、低P耐性とAl耐性を異にするルーピン、ナタネ、トマトを供試して、水耕系と土壌系における低P耐性とAl耐性の種間差の両系間差異を明らかにすることによって、土壌系での作物の低P耐性とAl耐性における根分泌物の役割を明らかにした上で、PとAlの相互作用の機構を解析することを目的として実施した。得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 作物の低P耐性とその機構の水耕系・土壌系間差異

1) 低P耐性は水耕系ではルーピン>ナタネ≒トマトであり、土壌系ではルーピン>ナタネ>>トマトの順であった。ルーピンとナタネの低P耐性は土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。低P条件でルーピンは根を細長く伸長し、単位根当たりのP吸収表面積を増大する機能が強く、ナタネとトマトはこの機能が弱かった。

2) 低P耐性の作物種間差は主にP要求性と個体当たりのP吸収能の差異によって決定された。P要求性は作物固有の特性であって、水耕系で判定した結果ではナタネ≧トマト>ルーピンであった。個体当たりのP吸収能は根の生育と単位根当たりのP吸収能の積によって決定される。低P条件での個体当たりのP吸収能は、水耕系ではルーピン>ナタネ≒トマトであり、土壌系ではルーピン>ナタネ>>トマトであった。ルーピンとナタネのP吸収能は土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。単位根当たりのP吸収能は水耕系ではルーピン>>トマト>ナタネであり、土壌系ではルーピン>ナタネ>>トマトであった。ルーピン、ナタネの単位根当たりのP吸収能は、土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。

3) 低P条件で単位根当たりの酸性フォスファターゼ分泌能とクエン酸分泌能はルーピンとナタネでほぼ同程度に高く、トマトで低く、これらがルーピンとナタネのP吸収能が土壌系で水耕系より高かった原因の一つであると考えられた。トマトでは根の生育が低P条件で著しく劣ったために単位根当たりの酸性フォスファターゼ分泌能とクエン酸分泌能が個体当たりP吸収に及ぼす貢献度は小さかった。

2. 作物のAl耐性と耐性における有機酸の役割

1) Al耐性は、水耕系ではルーピン>>ナタネ≒トマトであり、土壌系ではルーピン>ナ

タネ>>トマトであった。ルーピンとナタネのAl耐性は土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。

2) 根によるクエン酸の分泌はナタネとルーピンでAlによって誘導され、トマトで誘導されなかった。クエン酸分泌能はナタネ>ルーピン>>トマトの順であった。リンゴ酸の分泌はAlによって3作物ともに誘導されなかった。ナタネの生育および根の伸長に対するAlの阻害作用がクエン酸とリンゴ酸を添加することによって軽減され、その効果はクエン酸でリンゴ酸より大きかった。このことは有機酸はAlイオンとキレートを形成し、培地中のモノマー態Al濃度を低下させることと、クエン酸のキレート形成能がリンゴ酸より大きいことに起因した。

3. 作物生育におけるPとAlの相互作用

1) 低P耐性に対するAlの影響

(1) 低P耐性はAlの共存によって低下したが、土壌系と水耕系を比較すると、3種の作物ともに土壌系で水耕系より高く、特にルーピン、ナタネで高かった。

(2) Alの共存によって単位根当たりのPの吸収能と地上部への移行性が低下し、根からPが漏出した。低P耐性の低下をもたらすAlの害作用はナタネとトマトでルーピンより大きく、3作物ともに土壌系で水耕系より軽減された。これらの結果から、Al障害の機構の中に、AlによるPの吸収・移行阻害が含まれると考えられた。

(3) 低P・Al培地における単位根当たりのクエン酸分泌能はルーピン>ナタネ>>トマトであった。ナタネの生育およびP吸収能に対するAlの阻害作用はクエン酸とリンゴ酸を添加することによって軽減された。このことは有機酸が培地中に固体として存在する AlPO_4 のAlとキレートを形成し、可溶性P濃度を増加したことに起因した。低P耐性の低下をもたらすAlの害作用が土壌系で水耕系より軽減されたことは、主に根から分泌されたクエン酸が根圏土壌に溶存するAlを解毒すると同時に、難溶性リン酸化合物からリン酸を可溶化したことに起因し、両作用にはリンゴ酸も関与した。

2) Al耐性に対するPの影響

Al耐性は、3作物ともに培地P濃度の低下によって低下した。作物のAl耐性は主にAlそのものに対する耐性によって決定されるが、低P培地でAlの吸収と移行性が高まることも低P条件でのAl耐性が高P条件より低い原因の一つであると考えられた。

以上の結果から、作物によるPの吸収と移行はAlの存在によって低下し、Alの吸収と移行はP欠乏によって上昇することが作物生育におけるPとAlの相互作用の主要機構であることを明らかにした。さらに、培地のP濃度が低い場合とAlが溶存する場合に根から分泌される有機酸は土壌からPを溶出すると同時にAlを解毒することによって、土壌系におけるPとAlの相互作用に影響を及ぼし、低P酸性土壌における生育を改善することを示した。植物の根から有機酸が分泌される機能の存在は、低P酸性土壌での作物生育におけるPとAlの相互作用の中に植物が土壌に及ぼす影響も含まれることを示す。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 但 野 秋 利

副 査 教 授 波 多 野 隆 介

副 査 助 教 授 山 口 淳 一

学 位 論 文 題 名

作物生育におけるリンとアルミニウムの相互作用の解析

本論文は、図55、表22、引用文献124を含む総頁数139の和文論文であり、別に参考論文6編が添えられている。

本研究は、水耕系と土壌系における低P耐性とAl耐性の作物種間差の両系間差異を明らかにすることによって、土壌系での作物の低P耐性とAl耐性における根分泌物の役割を明らかにした上で、PとAlの相互作用の機構を解析することを目的として実施した。得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 低P耐性とその機構の水耕系・土壌系間差異

1) ルーピンとナタネの低P耐性は土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。

2) 低P耐性の作物種間差は主にP要求性と個体当たりのP吸収能の差異によって決定された。P要求性はナタネ $\geq$ トマト>ルーピンであった。個体当たりのP吸収能はルーピンとナタネでは土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。

3) 低P条件で単位根当たりの酸性フォスファターゼ分泌能とクエン酸分泌能はルーピンとナタネでトマトより高く、これらがルーピンとナタネの低P耐性が土壌系で水耕系より高かった原因の一つであると考えられた。トマトでは根の生育が劣ったために単位根当たりの酸性フォスファターゼ分泌能とクエン酸分泌能が個体当たりP吸収に及ぼす貢献度は小さかった。

2. Al耐性と耐性における有機酸の役割

1) Al耐性は、ルーピンとナタネでは土壌系で水耕系より高く、トマトでは両系間に大差なかった。

2) 根によるクエン酸の分泌はルーピンとナタネでAlによって誘導され、トマトで誘導されなかった。リンゴ酸の分泌はAlによって誘導されなかった。クエン酸とリンゴ酸はナタネの生育に対するAlの阻害作用を軽減した。このことは有機酸がAlイオンとキレートを形成し、培地中のモノマー態Al濃度を低下させることに起因した。

3. 作物生育におけるPとAlの相互作用

1) 低P耐性に対するAlの影響

(1) 低P耐性はAlの共存によって低下し、低P・Al共存培地に対する耐性は3種の作物ともに土壌系で水耕系より高く、特にルーピン、ナタネで高かった。

(2) 単位根当たりのP吸収能と地上部へのP移行性は、Alの共存によって低下した。これらのことから、Al障害の機構の中にAlによるPの吸収・移行阻害が含まれると考えられた。

(3) 低P耐性の低下をもたらすAlの害作用が土壌系で水耕系より軽減されたことは、主に根から分泌されたクエン酸が根圏土壌に溶存するAlを解毒すると同時に、難溶性リン酸化合物からリン酸を可溶化したことに起因し、両作用にはリンゴ酸も関与した。

2) Al耐性に対するPの影響

Al耐性は培地P濃度の低下によって低下した。低P培地でAlの吸収と移行性が高まることが低P条件でAl耐性の低下をもたらす主要機構であると考えられた。

以上のように、本研究は、作物によるPの吸収と移行はAlの共存によって低下し、Alの吸収と移行はP欠乏によって上昇することが、作物生育におけるPとAlの相互作用の主要機構であり、さらに低P培地における生育が土壌系で水耕系より良好であることは低P・Alによって誘導される根の有機酸分泌に起因することを明らかにした。これらの研究成果は学術的に高く評価されると同時に、酸性土壌の農業利用のために極めて有益な情報を提供するものである。よって、審査員一同は、羅会明が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。