



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

Alleviation of Aluminum Toxicity and
Aluminum-Induced Oxidative Damage by
Supplying Calcium in Wheat Plants

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2008-02-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: MD. ALAMGIR, HOSSAIN メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/2707

氏 名 (本国籍)	MD. ALAMGIR HOSSAIN (バングラデシュ人民共和国)
学位の種類	博士 (農学)
学位記番号	農博甲第 366 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 14 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学位論文題目	Alleviation of Aluminum Toxicity and Aluminum-Induced Oxidative Damage by Supplying Calcium in Wheat Plants (カルシウム供給によるコムギのアルミニウム毒性と アルミニウム誘導酸化障害の軽減)
審査委員会	主査 岐阜大学 教授 原 徹 夫 副査 岐阜大学 助教授 小 山 博 之 副査 静岡大学 助教授 森 田 明 雄 副査 信州大学 教授 廣 田 満

論 文 の 内 容 の 要 旨

アルミニウム (Al) 毒性は酸性土壌における作物生産の阻害要因である。これまで、カルシウム (Ca) やマグネシウム (Mg) などを含む土壌改良資材が酸性土壌に施用されてきた。両元素は土壌 pH を上昇し、作物生育を改善する。植物体内では、両元素は、単独あるいは共同して、Al 毒性と Al 誘導酸化障害を軽減する。しかし、その軽減効果のメカニズムは明らかにされていない。この研究では、コムギ (*Triticum aestivum* L.) 植物において、Ca あるいは Mg 供給が Al 毒性をいかに軽減するかを解析しようとした。

1. 水耕法により、Al (100 μ M) 存在下で、Ca (250, 500, 2500 μ M) と Mg (103, 1092, 4115 μ M) の組合せ処理がコムギ (品種: Kalyansona) の根生育に対する影響を調査した。Ca 供給量が 250 と 500 μ M の場合、Mg 供給量の増加により、根の伸長と乾物重は増加した。しかし、Ca 供給量が 2500 μ M の場合、根の生育は Mg 供給量に影響されなかった。この結果から、Ca と Mg 供給は細胞膜や細胞壁の一般置換基から Al を排除することにより軽減効果を生じていると考えられた。

2. Al を与えずに、同品種を用い、Ca 供給量 (125, 625, 2500 μ M) を変えて 14 日間栽培し、半分の植物を収穫し、残りの植物はさらに Al (100 μ M) 処理を 6 日間行い収穫した。激しい Al 障害は、Ca 供給量が低い場合には認められたが、高い場合には認められなかった。根の Al 含有率は、Al 処理前の Ca 供給量の増加により低下した。根の Ca 含有率は、Al 処理前の Ca 供給量の増

加により上昇したが、Al 処理後はすべての Ca 処理区で激しく低下した。Al 処理前に高い Ca 含有率を持っていた植物の Al 障害は比較的軽度であった。

3. 脂質の過酸化は、植物における Al 誘導酸化障害の一般的徴候である。この現象を研究するため、幼植物を 24 時間 Al (0, 10, 50, 100 μM) 処理した。根伸長の障害はすべての Al 処理区で認められたが、脂質の過酸化は 10 μM Al では認められず、50, 100 μM Al のみで認められた。根の H_2O_2 生成は 50, 100 μM Al で多く、これらの区では細胞膜の脂質に酸化障害が生じた。この結果は、Al が誘導する脂質の過酸化は H_2O_2 の過剰生成をともなうことを示している。10 μM Al を経時的に処理した植物根において、根伸長の障害程度と H_2O_2 生成量との間には高い正の相関が認められた。10 μM Al 処理において、catalase (CAT) と ascorbate peroxidase (APX) 活性は、対象区に比較して、変化がなく、100 μM Al 処理では CAT と APX 活性は低下し、oxalate oxidase (OXO)、guaiacol peroxidase (GPX)、coniferyl alcohol peroxidase (CA-POX) 活性は上昇した。これらの結果から、Al 処理で生成する多量の H_2O_2 はリグニンの沈積、すなわち H_2O_2 依存過程における酵素 GPX と CA-POX で分解されていると考えられた。

4. Ca 供給が H_2O_2 生成および分解酵素の活性と脂質過酸化に及ぼす影響を調査するため、幼植物を Al (0, 50 μM) と Ca (250, 2500 μM) を 24 時間処理した。Al 処理条件下での高い Ca 供給は、フェノール化合物含有率、Al 含有率、 H_2O_2 生成量、OXO 活性、ferulic acid peroxidase (FA-POX) 活性を低下し、Ca 含有率、CAT 活性を上昇させて、根伸長障害を改善した。しかし、Ca 供給は superoxide dismutase 活性には影響しなかった。これらの結果から、Ca 供給は、OXO 活性を低下させて H_2O_2 生成を減少し、また FA-POX 活性を低下し、フェノール化合物の酸化共役反応、すなわち鎖結合反応を低下して、根の生育を改善すると推定された。

審 査 結 果 の 要 旨

本論文は、コムギ (*Triticum aestivum* L.) 植物において、Ca あるいは Mg 供給が Al 毒性を軽減することを解明したものである。

1. 水耕法により、Al (100 μM) 存在下で、Ca (250, 500, 2500 μM) と Mg (103, 1092, 4115 μM) の組合せ処理がコムギ (品種: Kalyansona) の根生育に対する影響を調査した。Ca 供給量が 250 と 500 μM の場合、Mg 供給量の増加により、根の伸長と乾物重は増加した。しかし、Ca 供給量が 2500 μM の場合、根の生育は Mg 供給量に影響されなかった。この結果から、Ca と Mg 供給は細胞膜や細胞壁の一般置換基から Al を排除することにより軽減効果を生じていると考えられた。

2. Al を与えずに、同品種を用い、Ca 供給量 (125, 625, 2500 μM) を変えて 14 日間栽培し、半分の植物を収穫し、残りの植物はさらに Al (100 μM) 処理を 6 日間行い収穫した。激しい Al 障害は、Ca 供給量が低い場合には認められたが、高い場合には認められなかった。根の Al 含有率は、Al 処理前の Ca 供給量の増加により低下した。根の Ca 含有率は、Al 処理前の Ca 供給量の増加により上昇したが、Al 処理後はすべての Ca 処理区で激しく低下した。Al 処理前に高い Ca 含有率を持っていた植物の Al 障害は比較的軽度であった。

3. 脂質の過酸化は、植物における Al 誘導酸化障害の一般的徴候である。この現象を研究するため、幼植物を 24 時間 Al (0, 10, 50, 100 μ M) 処理した。根伸長の障害はすべての Al 処理区で認められたが、脂質の過酸化は 10 μ M Al では認められず、50, 100 μ M Al のみで認められた。根の H₂O₂ 生成は 50, 100 μ M Al で多く、これらの区では細胞膜の脂質に酸化障害が生じた。この結果は、Al が誘導する脂質の過酸化は H₂O₂ の過剰生成をともなうことを示している。10 μ M Al を経時的に処理した植物根において、根伸長の障害程度と H₂O₂ 生成量との間には高い正の相関が認められた。10 μ M Al 処理において、catalase (CAT) と ascorbate peroxidase (APX) 活性は、対象区に比較して、変化がなく、100 μ M Al 処理では CAT と APX 活性は低下し、oxalate oxidase (OXO)、guaiacol peroxidase (GPX)、coniferyl alcohol peroxidase (CA-POX) 活性は上昇した。これらの結果から、Al 処理で生成する多量の H₂O₂ はリグニンの沈積、すなわち H₂O₂ 依存過程における酵素 GPX と CA-POX で分解されていると考えられた。

4. Ca 供給が H₂O₂ 生成および分解酵素の活性と脂質過酸化に及ぼす影響を調査するため、幼植物を Al (0, 50 μ M) と Ca (250, 2500 μ M) を 24 時間処理した。Al 処理条件下での高い Ca 供給は、フェノール化合物含有率、Al 含有率、H₂O₂ 生成量、OXO 活性、ferulic acid peroxidase (FA-POX) 活性を低下し、Ca 含有率、CAT 活性を上昇させて、根伸長障害を改善した。しかし、Ca 供給は superoxide dismutase 活性には影響しなかった。これらの結果から、Ca 供給は、OXO 活性を低下させて H₂O₂ 生成を減少し、また FA-POX 活性を低下し、フェノール化合物の酸化共役反応、すなわち鎖結合反応を低下して、根の生育を改善すると推定された。

以上について、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値があるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文は以下の通りである。

- 1) Hossain, M. A., Ban, K., Hossain, A. K. M. Z., Koyama, H. and Hara, T.:
Combined effects of Mg and Ca supply on alleviation of Al toxicity in wheat plants. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50: 283-286, 2004.
- 2) Hossain, M. A., Hossain, A. K. M. Z., Kihara, T., Koyama, H. and Hara, T.:
Aluminum-induced lipid peroxidation and lignin deposition are associated with an increase in H₂O₂ generation in wheat seedlings. *Soil Sci. Plant Nutr.*, (in press).