

[成果情報名] 13 量体 Al は根圏環境中で不安定なため生育阻害要因となりえない

[要約] 13 量体 Al は強い植物生育阻害作用を持っているが、根圏環境中では共存する低分子有機酸や腐植酸のために不安定となる。このため、自然界で 13 量体 Al が植物の生育を阻害する条件はほとんど成立しない。

[担当研究単位] 生物環境安全部 植生研究グループ 化学生態ユニット、環境化学分析センター 放射性同位体分析研究室

[分類] 学術

[背景・ねらい]

土壌 pH が 4~5 の酸性土壌においては、土壌から溶出する Al が主な植物の生育を阻害する因子となっている。しかし、Al はさまざまな化学形態で存在することができ、植物生育阻害因子となっている Al の化学形態については諸説がある。13 量体 Al は、モノマー Al イオン (Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ など) と水酸化物イオン (OH^-) の反応から生成されるポリマー Al イオンであり、 $[\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}]^{7+}$ の構造を持つ (図 1)。13 量体 Al は、純粋な実験系では容易に生成され、かつモノマー Al イオンよりも強い植物生育阻害活性を示すことから、酸性土壌における植物生育阻害の主要因とする説が提案されている。そこで、13 量体 Al の特異的検出法を確立し、13 量体 Al が酸性土壌中で植物の生育阻害因子となっているか否かを明らかにする。

[成果の内容・特徴]

1. 13 量体 Al は、液体 NMR および固体 NMR のいずれでも特異的に検出できる (図 1)。
2. 10 mM モノマー Al イオン水溶液に水酸化物イオンを加えて中和すると、平衡 pH 4.2 ~ 4.3 付近で 13 量体 Al の生成量は最大となる (図 2)。この時、最初に存在していたモノマー Al イオンの 8 割以上が 13 量体 Al へと変換され、Al に対して加えた水酸化物イオンのモル比 (OH/Al 比) はおよそ 2 となる。
3. 根圏の土壌中には低分子有機酸や腐植酸が豊富に含まれるが、Al との親和性が高い低分子有機酸であるシュウ酸 (ジカルボン酸) やクエン酸 (トリカルボン酸) が存在すると、13 量体 Al の生成は大きく抑制される (図 2)。腐植酸 (ポリカルボン酸) も Al との親和性は高く、同様の効果を持つ。しかし、Al との親和性が低い酢酸 (モノカルボン酸) では、13 量体 Al の生成を抑制する効果は低い (図 2)。
4. 13 量体 Al は純粋な水溶液中でも長期間安定して存在できず、生成後 30 日目には大部分が消失する (図 3)。低分子有機酸は 13 量体 Al の消失を促進し、その効果の大きさは Al との親和性の順序と一致する (クエン酸 > シュウ酸 > 酢酸) (図 3)。
5. 腐植酸は 13 量体 Al と結合し、沈殿することによって 13 量体 Al を水溶液中から除去する。腐植酸とともに沈殿した 13 量体 Al は、徐々に分解される。
6. 根圏では低分子有機酸や腐植酸が豊富に存在することから、13 量体 Al が植物生育阻害作用を発現し続けるような環境条件はほとんど存在しない。

[成果の活用面・留意点]

1. 2:1 型層状ケイ酸塩粘土、硫酸イオン、モノケイ酸、リン酸イオンも水溶液中の 13 量体 Al を沈殿・除去することから、土壌溶液中で 13 量体 Al は存在しにくいと言える。
2. 酸性土壌における植物生育阻害のメカニズムを解明するためには、13 量体 Al ではなくモノマー Al イオンが植物生育に及ぼす影響のメカニズムを解明する必要がある。同様に、Al 耐性植物を作出するうえでは、13 量体 Al ではなくモノマー Al イオンに対する耐性植物を作出する必要がある。

[具体的データ]

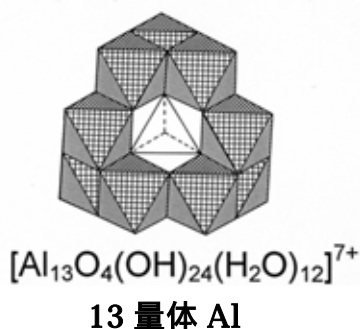
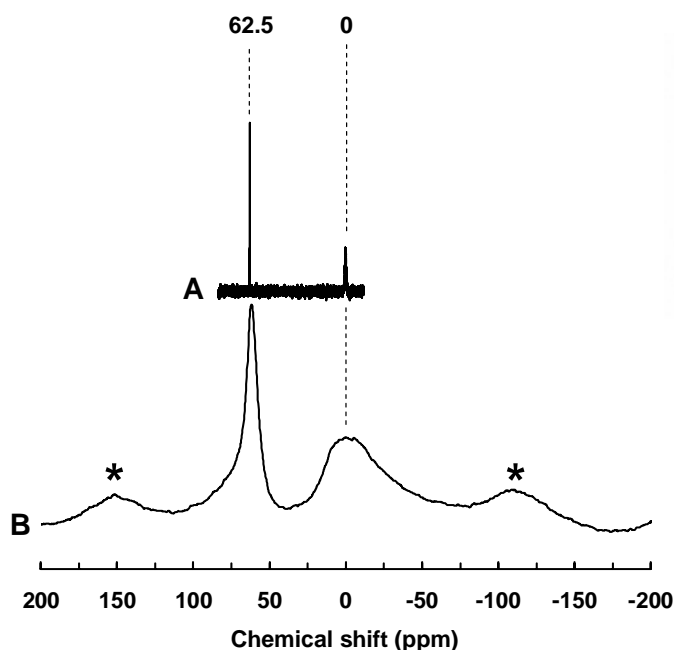


図1 液体(A)および固体(B) ^{27}Al -NMR による 13 量体 Al の検出
62.5 ppm : 13 量体 Al , 0 ppm : モノマー Al イオン , * : スピニングサイドバンド .

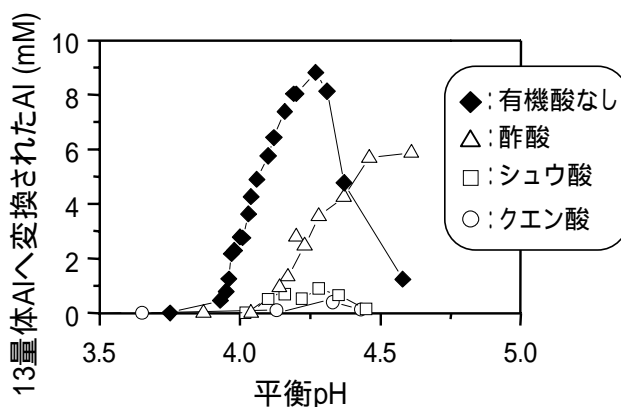


図2 13 量体 Al の生成に及ぼす酢酸 , シュウ酸 , およびクエン酸の影響

有機酸+モノマー Al イオン水溶液に , 水酸化物イオンを添加 . モノマー Al イオン初濃度 : 10 mM . 酢酸 : 10 mM , シュウ酸 : 5 mM , クエン酸 : 3.3 mM .

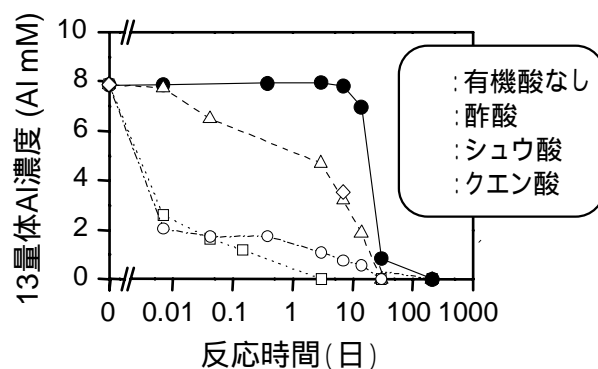


図3 13 量体 Al の消失に及ぼす酢酸 , シュウ酸 , およびクエン酸の影響

13 量体 Al 水溶液に有機酸を添加 . 酢酸 : 10 mM , シュウ酸 : 5 mM , クエン酸 : 3.3 mM .

[その他]

研究課題名 : 超強酸性土壌におけるアルミニウム化学種の同定

(カテコール関連物質を放出する植物の導入が周辺の植物ならびに土壌環境に及ぼす影響解明)

予算区分 : 文科省 : 科研費[基盤研究 A]

研究期間 : 2005 年度 (2003 ~ 2005 年度)

研究担当者 : 平舘俊太郎 , 山口紀子

発表論文等 :

- 1) Yamaguchi et al., Soil Sci. Plant Nutr., 49(4), 551-556 (2003)
- 2) Hiradate and Yamaguchi, J. Inorg. Biochem., 97(1), 26-31 (2003)
- 3) Yamaguchi et al., Soil Sci. Soc. Am. J., 68(6), 1838-1843 (2004)