

VII-16

湿生植物(マコモ)における鉄の存在意義、特に根におけるその働きについて

東北工業大学大学院 学生員 ○岡崎 秀一
 東北工業大学客員研究員 渡邊 敏彦
 東北工業大学 正会員 中山 正与

1. はじめに

湿地に生育する植物マコモは溶存酸素のほとんど、あるいは全く存在しない泥地の中でも生育する。さらには自然界に無数に存在する微生物群による溶存酸素の消費などによる強度の嫌気化の結果、硫化水素の発生など明らかに植物の生育を妨げる要因が生じる。マコモは成長の初期の段階から成長の2ヵ月位までは、ほぼすべての鉄を根部で貯留しているという報告がある⁽¹⁾。この結果は、土壌中での嫌気状態においてマコモが生き残るための、根に対する鉄の重要性を強く示唆している。マコモの根の色は、成長状況や栽培状態で変わり、水田土壌で成長した根は、先端部から基部へさかのぼるに従って白色から赤色に変わった。ところが合成培地で成長した根は、基部が少しだけ赤色に変化した、成長してもほとんどは白色であった。この赤色は鉄による可能性が考えられたので、水田土壌および合成培地で栽培したマコモの根の鉄含量を部位別に測定した。更には走査型電子顕微鏡を使用して鉄分布を調べ、根の色の変化と鉄含量の関係を知り、鉄が根においてどんな働きをしているかの評価を試みた。

2. 栽培方法

マコモは伊豆沼・内沼環境保全財団から譲渡されたものを用いて栽培は2種類行った。第1は従来当研究室で行っている常法の合成培地（N,P,K および微量元素）で栽培した。第2は水田の土（宮城県）を水槽中に入れて（水道水により水層部約10cm、土層部約15cm）栽培し、必要に応じてN源を添加した。各マコモ根圏付近での酸化還元電位（Eh）の測定では、水田土壌は還元状態（約-150mV）、合成培地は酸化的状態（約+70mV）であった。

3. 根の鉄含量の測定

3.1 実験方法

水田土壌および合成培地で成長した根を採取後水洗し、外観上の赤色の強弱別に3種類（基部・中央部・先端部）に分類した。これを60℃で1日乾燥させ乳鉢で粉末状にしたものを試料とした。試料は、1N塩酸による室温での抽出とマイクロウェーブによる完全加水分解を併用した。鉄含量の測定には、島津原子吸光度計AA-660を使用した。

3.2 結果と考察

図1は水田土壌および合成培地で栽培したマコモの根の鉄含量の分布を示した。マイクロウェーブで完全加水分解を行った試料は、水田土壌根基部において顕著に高く、中央部から先端部にかけて低くなった。しかし、合成培地の根では、基部から先端部にかけて大きな違いは見られなかった。この結果より、根の色の赤色が増すと鉄含量も高くなる結果が得られ、マコモの根の赤色と鉄含量には密接な関係があることが示された。また、1N塩酸抽出を行った試料では、水田土壌に注目して見ると、完全加水分解に比べて約60%の溶解に留まっていた。これは水田土壌の根に存在する鉄が合成培地で栽培した場合は異なり、根との間でより強い結合をしている可能性が示唆された。

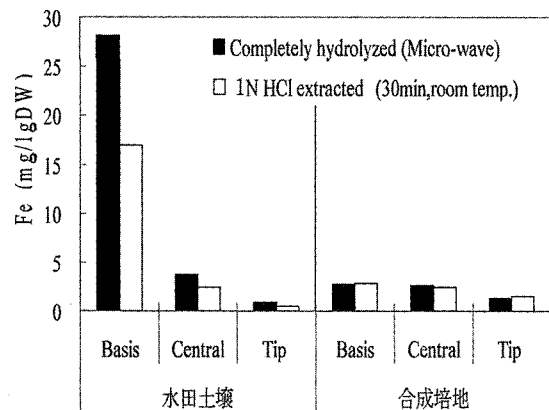


図1 種々の方法で栽培したマコモの根の鉄含量の分布

表1に水田土壌根基部の鉄の処理別溶解量の比率を示す。根の鉄の一部は、1N塩酸によって簡単に溶解することができたが、しかし、その他は1N塩酸で1時間煮沸することによってさえ、鉄を根から完全には遊離することはできなかった。鉄は根の内側の構成成分または細胞壁に強く結合している可能性が示されたが、高周波による完全加水分解では完全に溶解した。

培地の酸化還元電位が水田土壌中では還元的状态、合成培地中では酸化的状態であることから根と鉄含量の関係は興味深く、根への鉄の吸収を支配する要因の1つが培地の酸化還元電位である可能性が示唆された。

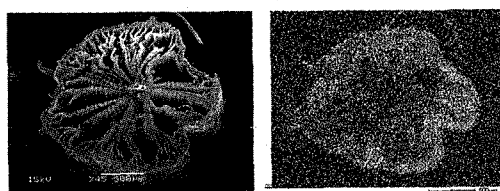
4. 走査電子顕微鏡を使用した根の観察

4.1 実験方法

水田土壌および合成培地で成長した根を、2.5%グルタルアルデヒドに1日浸漬して根の成分を固定し、その後完全に水を除去するために無水アルコール(100%エタノール)または粒状シリカゲルを用いて乾燥させた。固定脱水した根は、鋭敏なカッターナイフを用いて1mm程度の輪切りにして断面試料を作製し観察に供した。日本電子社走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope) JSM-5600LVを使用して根の側面および断面試料の観察を行った。さらに、エネルギー分散形X線分析装置(EDS: Energy Dispersive X-ray Spectrometer) JED-2200によって、根の側面および断面試料の鉄の存在位置の特定を行った。

4.2 結果と考察

写真1に鉄含量が高かった水田土壌根基部のSEM写真(左)とその鉄の存在位置分布(右)を示す。SEM写真と鉄の存在位置分布を見比べると、鉄は主に根の最も外側の細胞に貯留されていることがわかった。更にも、根の内部の細胞でも広範囲に鉄は検出された。これらの結果より、マコモの根に存在する鉄は細胞内に遊離型で存在する部分と細胞壁に強く結合している部分に大別されるようである。



Ordinal profile

Iron profile

写真1 根の断面と鉄の分布(SEM)

また、別の実験で更に強い還元状態に置かれた為に、硫化水素で完全に黒化した根の鉄含量(1N塩酸、1時間抽出)を測定した結果、その値は従来の最高値の根より高く(約3~4倍)になっていた。更に、この処理根を完全加水分解して残っている鉄含量を測定した結果、塩酸溶解区分の約10%が未だ残っていた。このことは硫化水素にも侵され難い形態の鉄化合物の存在を示唆するものであり、還元状態の防御物質としての鉄の働きの重要性を強く示唆するものである。

5. まとめ

本研究において、以下のことが明らかとなった。

- ・ 根の色の赤色が増すと鉄含量も高くなる結果が得られ、マコモの根の赤色と鉄含量には密接な正の関係があることがわかった。根が鉄を貯留し赤色が増す要因の1つは、培地中の酸化還元電位(Eh)の値が密接に関与している可能性が考えられた。
- ・ 根の鉄の一部は、希塩酸によって簡単に溶解することができたが、しかし、細胞壁部分に存在すると考えられる鉄は、高周波による完全加水分解処理以外は、鉄を根から完全に遊離することはできなかった。
- ・ 細胞壁に鉄を強く結合することによって、自然界での生育環境下での嫌気的状态に対し、ある範囲までは根を保護する防御剤として鉄が働いている可能性を強く示した。

参考文献

- (1) 山廻辺典夫, 東北工大修士論文, 247-250 (2002)