

File No. 56

養液栽培とキレート微量元素

鉄、マンガン、銅などの微量元素は、植物体内における存在が微量でありながら、酵素の活性、植物ホルモンの生成と作用、光合成の進行と合成物質の転流など多くの生理作用に関与して、不足の場合は生育阻害などの欠乏症状が出る。

土耕栽培では土壤にこれらの微量元素がある程度存在しているため、強酸性土壤またはアルカリ性土壤を除き、微量元素を施用しなくても植物の微量元素欠乏症状が出にくい。これに対して、養液栽培、特に無培地水耕栽培の場合には養分がすべて培養液から供給されるため、微量元素の添加が必須不可欠である。通常、培養液に鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu)、モリブデン (Mo)、ホウ素 (B) の 6 元素を必ず含有していなければならないが、鉄、マンガン、ホウ素の 3 元素だけを培養液に添加し、極わずかの量で済む亜鉛、銅、モリブデンの 3 元素が原水からの供給に任せることもある。表 1 に本邦のよく使われている培養液に添加される微量元素の濃度を示す。

表 1. 本邦の養液栽培によく使われている培養液の微量元素濃度 (ppm)

微量元素	園芸試験場標準処方	大塚化学 A 処方	大塚化学 B 処方	大塚化学 C 処方
Fe	3.0	2.7	2.85	2.7
Mn	0.5	1.5	1.0	1.5
Zn	0.05	0	0.04	0
Cu	0.02	0	0.02	0
Mo	0.01	0	0.02	0
B	0.5	1.5	1.0	1.5

微量元素はその成分により無機系と有機系（キレート系）に分けられる。無機系微量元素は大体硫酸塩などの無機金属塩類である。元素含有量が高く、値段も安いのが、培養液に溶けてから元素がイオン化し、他の成分と反応して、難溶性の沈殿になってしまう可能性が高い。また、硫酸塩の硫酸イオン (SO_4^{2-}) も他の肥料成分と反応して、難溶性の硫酸塩を生成して沈殿する恐れがある。

培養液の濃厚原液に無機系の金属塩類を投入して溶解させる途端、培養液が白濁する現象がよくみられる。これは金属イオンが培養液中の高濃度のりん酸イオンと反応して、難溶性のりん酸塩を生成する現象である。特に鉄とマンガンはりん酸と結合してりん酸第二鉄とりん酸マンガンを生成しやすい。生成したりん酸塩が強酸や強アルカリを除き、水にはほとんど溶けない。

一方、培養液中の金属イオンは時間が経つと水から電離した水酸化物イオン (OH^-) と結合して、水酸化鉄、水酸化銅、水酸化亜鉛などの塩基性の水酸化物沈殿を生じることがもある。一旦水酸化物が生成され、沈殿してしまうと、再溶解することがなく、植物に吸収

利用されない。図 2-A は培養液に添加した硫酸鉄が水中の溶存酸素に酸化され、水酸化物イオンと結合して、最終的に黄褐色の水酸化鉄となり沈殿してしまった写真である。なお、この実験写真は鉄の沈殿効果を鮮明に映すために硫酸鉄を規定量より多めに使ったことに注意すべきである。

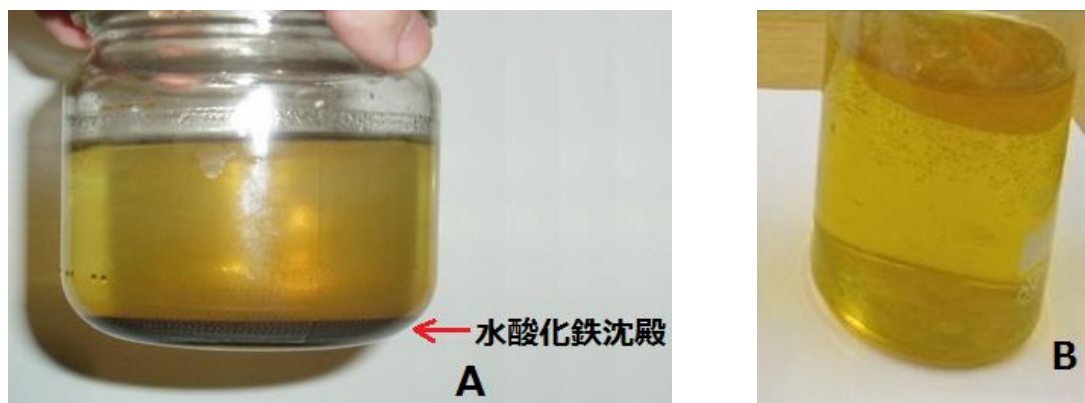


図 2. 硫酸鉄と EDTA-鉄の比較

A: 硫酸鉄が水酸化鉄になって沈殿してしまう。

B: EDTA-鉄が沈殿しない。

一旦沈殿が発生すれば、培養液中の微量元素濃度が極端に減少し、場合により微量元素欠乏症が発生する。従って、無機系の硫酸塩や硝酸塩を使う場合は、培養液とは別途に微量元素だけを溶かして、使用直前の希釈した培養液に添加するしかない。

このような現象を避けるため、養液栽培に使用する微量元素は有機系のもの即ちキレート金属化合物は推奨される。

キレート金属化合物とは、EDTA のようなキレート剤の分子が金属イオンに電子を供与して配合結合と呼ばれる形で形成された有機系の金属である(図 3)。キレート (chelate) とは、複数の配位座を持つキレート剤 (多座配位子) による金属イオンへの結合 (配位) をいう。このようにしてできている化合物がキレート化合物と呼ばれる。キレート剤は複数の配位座を持っているために、結合されている金属イオンがキレート剤から分離しにくく、一つの分子として存在する。金属元素がキレートされると、溶液中にイオンの状態ではなく、分子状態で存在するので、溶液中のほかのイオンと反応せず、不溶物を生成して沈殿してしまう現象が無くなる (図 2-B)。

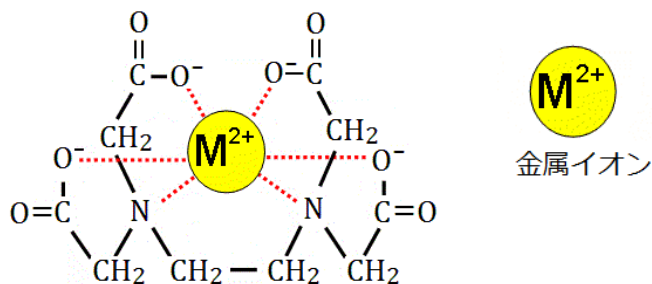


図 3. EDTA が金属イオンをキレートしている模式図

キレート剤は EDTA (エチレンジアミン四酢酸、Ethylenediaminetetraacetic acid) のほか、DTPA (ジエチレントリアミン 5 酢酸、Diethylene Triamine Pentaacetic Acid)、EDDS (エチレンジアミンジコハク酸、Ethylene Diamine Disuccinic Acid)、NTA (ニトリロ三酢酸、Nitrilo Triacetic Acid) などがある。但し、DTPA と EDDS は原料と合成工程の原因で価格が高く、NTA は廉価であるが、キレート安定度などが EDTA より劣るため、肥料用微量元素のキレート剤としてほとんど利用されていない。従って、肥料用キレート微量元素はほとんど EDTA 系のものである。図 4 は市販される EDTA 微量元素の製品写真である。



図 4. EDTA 微量元素肥料

EDTA 微量元素は高価で、無機の硫酸塩化合物より数 10 倍も高い。しかし、培養液への添加量が ppm 単位でわずかな量で済むので、植物の微量元素欠乏症による減収や発生した沈殿によるタンクや配管への付着に比べ、無機系硫酸塩微量元素の使用よりむしろ経済的である。

他方、微量元素中のホウ素は金属元素ではなく、モリブデンも酸化物として培養液に陰イオンの状態で存在する。従って、この 2 種類の微量元素は有機系のキレート化合物ではなく、無機のホウ酸、モリブデン酸アンモニウムやモリブデン酸ナトリウムを使う。