

農業と科学

1978
6

G H I S S O - A S A H I F E R T I L I Z E R C O . , L T D .

作物栄養と硫黄の役割

北陸農業試験場
土壤肥料第一研究室

鈴木 皓

硫黄は作物の必須元素で、作物の体内には磷とほぼ同じくらいの量が含まれている。わが国で硫黄に対し作物の養分としてあまり考慮が払われなかったのは、自然からの供給が磷などとちがって、多いためと思われる。

しかし海外の学者の中には、無硫酸根あるいは低硫酸根含量の高度化成肥料の増加、作物の収量向上にともなう土壌からの養分収奪量の増加、硫黄を含んだ農薬が少なくなってきたこと、環境規制で、工場排煙中の二酸化硫黄の放出が増加しないことなどの理由で、将来は、硫黄の施肥にも配慮する必要があることを説く人も多い。ここでは、作物の養分として硫黄を眺めてみることにしよう。

1. 硫黄の生理作用

硫黄は生物の体内で、いろいろな化合物の成分となって存在する。生物体の基本的な構成物質であるたん白質は、10数種類のアミノ酸が結合して出来ているものであるが、シスチンとメチオニンという2種類のアミノ酸は硫黄を含んでいるので、含硫アミノ酸と呼ばれることもある。

人間を含めて動物は、シスチンとメチオニンを、自分の体内で合成することが出来ないのを、これを食物として、植物あるいは他の動物たん白質から摂取しなければならない。すなわち、シスチンとメチオニンは必須アミノ酸である。これに対して植物は、硫酸イオンの形で無機態硫黄を吸収し、体内で含硫アミノ酸を生合成し、それがたん白質の構成成分になる。

したがって植物は、土壌中に硫酸イオンが欠乏するとたん白質の合成が低下して生育不良に陥る。植物体の茎葉のたん白質は、通常窒素：硫黄の比が15ないし17：1の割合であるので、正常な生育のためには、窒素を吸収してもこの比を保つように、硫黄も吸収しなければならない。

硫黄は、作物の栄養価にも影響する。一般に、ダイズ

やインゲンマメなどのマメ類は、含硫アミノ酸に不足しコムギや米などの穀類は、他の必須アミノ酸であるリジンに不足している。したがって、両方を同時に摂取するのが、栄養的にすぐれている。(第1図)。

栄養上の問題から、たん白質の質の改善については、コムギやトウモロコシでは、リジン含量の高い品種を求めて研究が行われているし、ダイズや飼料作物のアルファルファなどでは、含硫アミノ酸含量を高めることが望ましい。

硫黄の不足した土壌では、石こうの施用によって、アルファルファのメチオニンとシスチン含量が、高まることが認められている。硫黄はこのように、作物の生育量と質の両面で評価がなされている。

微量成分では、ビタミン B₁ や補酵素Aなどにも硫黄は含まれていて、これらの酵素の作用にも影響する。

ワタやトマトは、硫黄を多量に吸収する作物であるといわれており、また、カラシナやタマネギなどアブラナ科やユリ科の植物は、特殊な含硫有機化合物を含むので硫黄含量が他の植物にくらべて明らかに高い。このように、作物の種類によって要求度がちがうので、土壌管理や施肥の適正化のためにも、作物の養分特性をしらべる研究が、今後も続けられなければならない。

<目 次>

§ 作物栄養と硫黄の役割.....	(1)
北陸農業試験場 鈴木 皓 土壤肥料第一研究室	
§ シクラメンの生育と培養土の 物理性におよぼすCDU化成の効果.....	(5)
神奈川県園芸試験場 主任 研究員 三浦泰昌	
§ 水稻の安全多収と 磷硝安加里の肥効(2).....	(7)
鳥取県高農業改良普及所 奥田政太郎	
あとがき.....	(8)

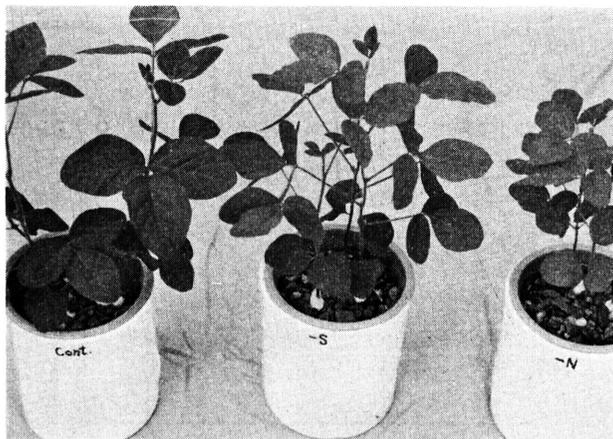
2. 作物の硫黄欠乏症

硫黄が欠乏すると作物は通常、葉緑素が出来なくなり、葉色が淡くなる。そのようすは、窒素欠乏の場合とよく似ている。水稻では、窒素欠乏と硫黄欠乏があまりによく似ているために、化学分析をしてみないと判断がむずかしい。

植物の葉身の中で、細胞質部分にくらべて葉緑体部分の方が、硫黄の濃度が高い。つまり、硫黄の要求度が高いという研究結果もあるので、硫黄が欠乏すると、葉緑体の形成に特に影響が大きくなって、葉色が淡くなるのかもしれない

ダイズやトウモロコシでは、上位の葉身に欠乏が現れやすく、上の方から黄化が始まる。水耕法で窒素と硫黄の欠乏をおこさせ、両者を比較してみると、たとえばダイズでは、硫黄が欠乏しても子葉は緑色のままであるのに先端の展開葉は黄色になる。これに対して窒素欠乏では、子葉も黄化してしまう。(写真1)。

写真1 ダイズの硫黄および窒素欠乏

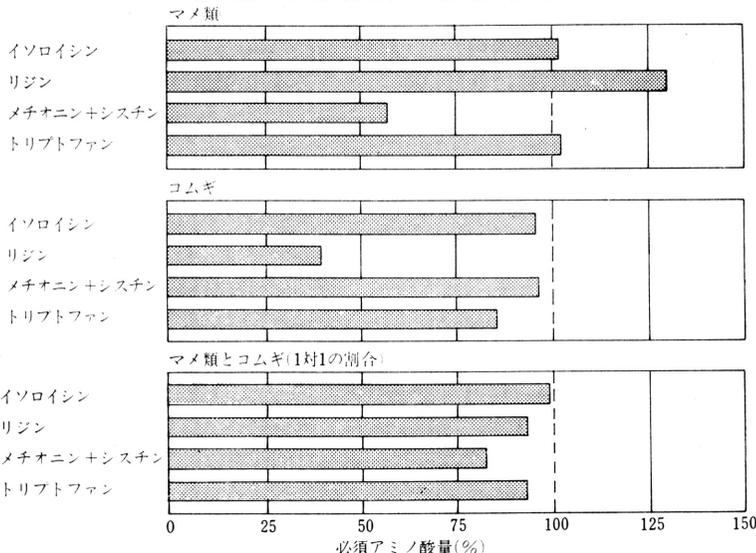


健全なもの(左)にくらべて、窒素欠乏(右)では下葉も黄化するが、硫黄欠乏(中)では下葉は緑色であり、上の方の葉の黄化が特徴的である。

すなわち窒素は欠乏すると、下位葉身に含まれているものが、大量に上位葉身に移動し、古い葉を犠牲にして新葉への不足分を補おうとする。硫黄の場合は、いったん下位葉身に集積したものは、その場に保持されて、上位葉身へ移動する量は少なく、新葉の要求量にこたえられずに、欠乏症が上の方から現れてくる。

放射性硫黄で標識した硫酸イオンを、根から吸収させ

第1図 たん白質の相補効果



マメ類とコムギを同時に摂取すると、両者が、組み合わせによって栄養的に“良質な”たん白質摂取したのと同等のアミノ酸バランスを生じる。破線は国連食糧農業機関 (FAO) と世界保健機関 (WHO) の合同専門委員会が考えた比較基準たん白質の必須アミノ酸レベルを100パーセントとしたものである (サイエンス, 日本経済新聞社1976年, 宮崎基嘉訳による)。

ると、新しく吸収された硫黄が、作物のどの部分へ移動していくかを、追跡することが出来る。写真2はそれを示したものであるが、硫黄は新葉や花芽など生長の活発な先端の部分に、さかんにとり込まれていくことが分かる。

ハツカダイコンやカラシナなどアブラナ科の作物では、硫黄欠乏になっても葉は黄化しないで、生育だけが悪くなる。その他の作物では、窒素欠乏の場合よりも葉身の淡色化が著しいのに、なぜアブラナ科の作物では葉色が緑色のままであるのか、その理由はわからない。

3. 土壌中の硫黄

土壌の種類によって異なるが、土壌中には硫黄は0.02~0.3%くらいの濃度で含まれている。作物が吸収する硫黄の形は、主として硫酸態硫黄であるが硫酸態硫黄は土壌の全硫黄のうち、せいぜい10%程度にしかすぎない。残りの大部分は、有機態硫黄として存在する。

辻氏は草地土壌の硫黄含量を調査して、火山灰土壌でも粗粒質のものでは、クローバに硫黄欠乏が生じることを認め、このような土壌では、全硫黄の96~99%が有機態硫黄であることを認めた(第1表)。

オーストラリアやニュージーランドでも、牧草地の硫黄欠乏が問題となるが、やはり植物には、そのままの形では吸収されない有機態硫黄が、全硫黄の大部分を占めている。有機態硫黄が作物に利用されるためには、分解して無機化し、硫酸態硫黄に変化しなければならない。

土壤の有機態硫黄の無機化は、主として微生物の作用によっておこる。有機物の分解によって放出された硫黄の1部分は、微生物自身の増殖のために用いられて、再び不可給態になってしまうが、余った部分は、作物によって利用が可能である。

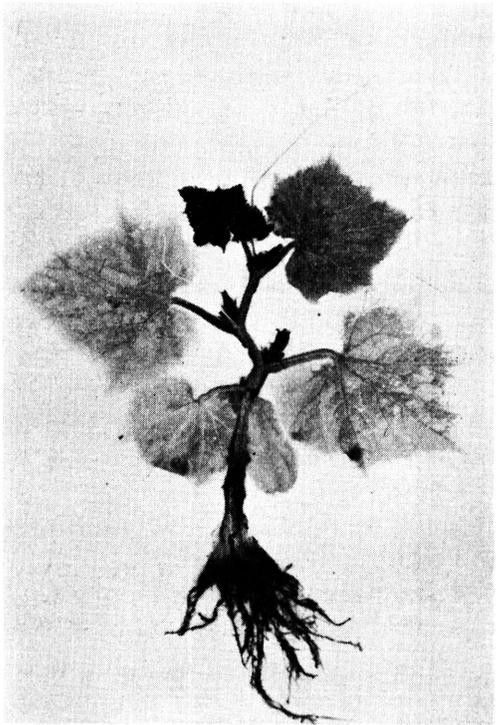
オーストラリアでは牧草地の硫黄欠乏が著しいため、土壤の硫黄の研究が、精力的に進められている。オーストラリアの土壤で、植物体や羊の排せつ物などの有機物を、土壤にまぎせて静置したとき、これらの有機物の硫黄含量と、有機物の分解によって無機化してくる硫黄の量の関係をしらべた結果を示すと、第2図のようになる。

この図から次のことがわかる。硫黄含量が高い有機物ほど、無機化する硫黄の量も多い。硫黄含量が0.13%以下の植物体や、0.22%以下の羊排せつ物では、硫黄の無機化はおこらない。また硫黄含量が同じでも、植物体からは、排せつ物の場合よりも多量の硫黄が無機化してくる。

すなわち有機物は、作物に対する硫黄の重要な給源であるが、無機化による硫黄の放出のしかたは、有機物の質で様子がちがう。

バロー氏の研究によれば、土壤に加えられる有機物の炭素/硫黄比が200以下の場合には、有機態硫黄の無機化がおこるが、400以上の場合には、かえって無機態硫黄の有機化、つまり不可給化がおこるといふ。200~400の間では、条件によって無機化したり、有機化したりする。

写真2 キュウリ幼植物の³⁵SO₄²⁻のオートラジオグラフ



根から放射性硫酸態硫黄を吸収させて、写真フィルムに感光させたもの。写真で黒い部分に放射性硫黄が多くあり、硫黄は植物の先端部へ移動していくことがわかる。

第1表 土壤の硫黄含量の例 (注、1975による)

土 壤	植 生	pH(水)	全硫黄 (土壤中%)	有機態硫黄 (全硫黄中の 割合、%)	磷酸カルシウムで 抽出される硫黄 (土壤中 ppm)
新期粗粒 質火山性土 (北海道)	原 野	6.2	0.027	96	11
	草 地	7.2	0.024	99	2
腐植質火山灰土 (栃木県)	原 野	5.3	0.157	93	117
花こう岩質土壤 (福島県)	森 林	5.3	0.028	76	67
泥炭地土壤 (北海道)	湿 地	4.5	0.318		

注) 磷酸カルシウム抽出硫黄は、主に硫酸硫黄である。

土壤有機物からの硫黄の無機化は温度、土壤水分、pH、作物の存在などによって影響される。一般に、地温が低下すると無機化も低下し、10°Cでは無機化は停止する。石灰の施用でpHを高めると、無機化は促進される。またフレネー氏らの測定結果によれば、作物が生えている場合には、裸地の場合にくらべて4~20倍の無機

化量があった。

この理由は、作物の根の周囲には多数の微生物が繁殖しているので、作物があると、これらの微生物の活動によって、硫黄の無機化が促進されるためと考えられる。

また、土壤の有機態硫黄の1部分は易分解性であって、土壤を加熱したり、乾燥することによって、無機態の硫黄に変化してくる。このような点

は、土壤の易分解性有機態窒素と性質が似ている。しかし通常、土壤に加えられた植物遺体は、分解の初期の段階では、硫黄よりも、窒素の無機化の方が速やかにおこると考えられる。

土壤中の有機態硫黄の詳細な形態は不明な点が多い。シスチンやメチオニンのほかに、硫酸化多糖類、硫酸コ

リン、次亜硫酸リグニンなども、かなりの割合を占めているようである。

4. 自然界における硫黄の循環

硫黄はさまざまな形態変化をとげながら、自然界を循環している。土壌圏、大気圏および水圏を含めた循環を第3図に示した。前節で述べた、土壌中での有機態硫黄の分解も、そのサイクルの中のひとこまである。

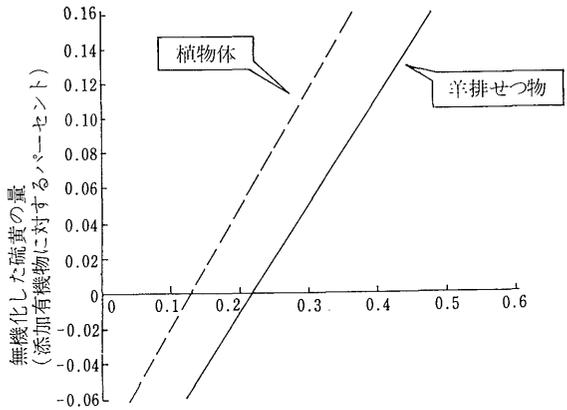
硫黄の循環をみれば、大気圏の硫黄の存在も、農業上無視できないことがわかる。大気圏の硫黄は、工場排煙に含まれる二酸化硫黄や海洋の飛沫、また湖沼などの湛水土壌から発生する、硫化水素ガスなどによって供給される。二酸化硫黄は1部分は酸化されて硫酸態となり、雨水にとけて土壌へ還元されるが、直接植物の葉から吸収されたり、土壌に吸着されて土壌圏へもどってくる。

すなわち植物は、肥料や土壌中の硫酸態硫黄のほかに気孔から二酸化硫黄を吸収して、硫黄源として体内にとりこんでいる。

大気中の二酸化硫黄濃度が著しく高くない場合には、気孔から吸収された硫黄は、根から吸収された硫酸イオンと同様に、体内で有機化されてシスチンやメチオニンになり、植物の養分として利用されることが確かめられ

第2図 植物体および羊排せつ物硫黄含量と硫黄の無機化の関係

(N. J. バロー, 1961およびI. R. フレネー, 1967による)。



ている。

したがって工業地帯では、大気からの硫黄の供給が多くなるので、硫黄欠乏はおこり難い。しかし農業地帯では、硫黄は作物の養分として、生理機能の重要性からみても、もっと注意すべき元素であるといえよう。

第3図 自然界における硫黄の循環

