

植物生産土壌学 土壌の有効成分 2 陽イオンの挙動

1) カリウムの循環と土壌中での挙動

カリウムは窒素とともに植物体中の含有量の最も多い元素である。窒素・リン酸が生育の初期に吸収されるのに対して、カリウムは生育後期まで吸収される。カリウムは作物の水分利用および炭水化物合成に果たす役割は大きく、病害抵抗性を増加させる。カリウムの欠乏は成熟期を遅らし、低温の害を受けやすくする。

土壌中におけるカリウムの形態

- | | |
|----------|---|
| 水溶性カリウム | 交換性カリウムと平衡関係にある。カルシウムやマグネシウムと比べて低い傾向がある。 |
| 交換性カリウム | 鉍質土壌では全カリウムの1~2%。粘質土壌で高く砂質土壌で低い。耕地土壌では100g当り15~25mgが普通。 |
| 非交換性カリウム | 1次鉍物の正長石、微斜長石、黒雲母、白雲母などや粘土鉍物のイライトに含まれる。土壌中で風化を受けて交換性、水溶性に変化する。 |
| 固定態カリウム | バーミキュライトやモンモリロナイト等の膨張格子型の2:1型粘土鉍物の層間に固定されたカリウムは、他の陽イオンによって交換されないくらい固く結合されている。 |

有機態のカリウムは土壌中にも生体中にもほとんど存在しない。

Kは不溶性の塩をつくらず、生体内の細胞質や液胞で水溶性の無機塩や有機酸の塩を形成し、イオンとして行動する。

従ってKは生体の環境を調える役割を持った元素と言える。

植物中のカリウム量

細胞質ではKの濃度はほぼ120mMに保たれている。一方、液胞内の濃度は様々で、外界にKの多い場合はかなりの濃度で貯め込み、外界のKが不足すると、液胞から持ち出す貯蔵庫の役割を持っている。また、気孔の開閉にもカリウムが関与している。気孔が開くときに細胞内にカリウムが流入する。その後カリウムはスクロースに置き換わり、開口状態が続く。スクロースが減少すると気孔が閉じる。

カリウム欠乏

葉が暗緑色や青緑色になる場合が多い。また、ネクロシスの白い斑点がでることもある。古い葉の中のKは生理作用の活発な若い葉に移行するため、欠乏症状は古い葉から現れる。

また、Kが欠乏すると、体内で可溶性の糖類やアミノ酸が増加する一方、デンプンやタンパク質の含量は減少する。これは低分子から高分子への合成機能が低下するためである。

カリウムの過剰

CaやMgなどの陽イオンの吸収と競合するので、K/(Ca+Mg)比の増大は、グラスタニーを引き起こす原因となる。

岩塩、カリ岩塩

岩塩の主要構成鉍物はハライト（岩塩）である。カリ岩塩はシルビン、カーナル石、カイナイトを主構成鉍物とするが、常に、ハライトが混在する。蒸発岩が主な供給源である。孤立した海盆で海水の蒸発が進行すると、一般に、炭酸塩（方解石）、硫酸塩（石こうまたは硬石こう）、岩塩、カリ岩塩が順次飽和濃度に達して沈殿する。岩塩およびカリ岩塩は海水蒸発の末期の産物であり、これらを生成するには特定の地形と気候条件が必要である。北米およびヨーロッパは、特にペルム紀の地層中にこの種の大規模な蒸発岩鉍床が発達している。

ドイツ中部にあるシュタツフルトにおいて最初に発見された。岩塩層の上部に乗った不純物の塩であった。戦略物資の硝石を作る際に必要な草木の灰（ポタッシュ）の代替品となった。

2) ナトリウム

ナトリウムは、動物には多量に含まれ、各種の生命活動に不可欠の役割を示しているものの、植物においては必須性が認められていなかった。

カリウムとナトリウムの植物栄養的な役割については現在以下のようなことが知られている。

カリウム欠乏時にナトリウムの施用効果が認められる作物

オオムギ、イネ、イタリアンライグラス、トマト、ワタ

カリウム欠乏時でもナトリウム施用効果が無いもの

トウモロコシ、ジャガイモ、ダイズ

カリウムの存在下でもナトリウムの施用効果があるもの

サトウダイコン

ナトリウムの欠如により生育量の低下、クロロシス、ネクロシスを生じる植物

ヒエ、バミューダグラス（イネ科）、ヒユ、ハゲイトウ（ヒユ科）、ハマアカザ属 8 種・ホウキギ属 1 種（アカザ科）、マツバボタン（スベリヒユ科）これらは全てC4型の光合成を行う植物である。

他方、同じ科の植物でもC3型の光合成を行う植物では、ナトリウム固有の機能が認められていない。

ナトリウムが植物の必須元素でない理由

海水中に多量に存在するナトリウムが、何故植物の必須元素になっていないか？

地球上で生命が発生した35億年ほど前の海水中には、まだほとんどナトリウムが含まれていなかった。現代に生き残っている植物は生命が発生したころの海水の組成を体のなかに保持していると考えられる。また、今から4億年ほど前に、植物や動物が陸上に進出した。その頃の海水の濃度は現在の海水濃度の約1/3であった。現在の高等動物の体内のナトリウム濃度は海水濃度の約1/3であるようだ。これは動物が陸上に進出する直前の海水組成を体内に保持しているためと考えられる。

3) カルシウム

わが国の土壌では交換性塩基のうち、カルシウムが60～80%、マグネシウムが10～30%を占めている。カルシウムは植物の分裂組織の生長、特に根の先端および新芽の正常な発育と機能のために必須。マグネシウムは葉緑素の構成要素である他、リン酸の移動にも重要な役割を果たしている。

カルシウムの機能

刺激の伝達の仲介

染色体や生体膜の構造と機能の維持

ペクチン酸カルシウムとして存在し、細胞組織の構造維持に役立っている。

このためCaは体内で再移動しにくい。

植物の種類によって含量や要求性の違いが大きい。若い葉よりも古い葉に多く、欠乏症状は地上部や根の分裂組織に現れやすい。各種の元素のなかで、ホウ素とならんで最も移行しにくい。

Caはまた、液胞中でシュウ酸カルシウムの結晶として存在し、体内で生じたシュウ酸を不溶化する役割を果たしている。

カルシウム欠乏

酸性土壌における作物の生育不良は、単に養分としてのCaが不足するだけでなく、酸性によって土壌のAlやMnが溶けやすくなり、それらの過剰障害が起きることも原因である。

また乾燥や高塩類濃度の下で作物の吸水が妨げられるときもCa欠乏が起きる。

Caは双子葉植物に多く含まれ、単子葉には少ない傾向がある。

欠乏症状としては、トマトの尻腐れ、ハクサイ、キャベツ、タマネギの心ぐされ、リンゴのビタ

ーピットなどが知られている。

Caは蒸散とともに地上部に運ばれるため、蒸散の少ない部分に欠乏症状が現れやすい。症状としては、いずれも果皮や結球の心葉の組織が褐変壊死する特徴がある。

花粉の発芽やマメ科植物の根粒の生長もCa不足に敏感である。

植物のCa吸収力はPやKと比べると弱く、土壤が酸性化してくると、吸収利用できるCaが減少するだけでなく、増加する水素イオンがCaの吸収をさらに妨げる。

Caの過剰症状

石灰質土壤や石灰の過剰施用によって起こる障害は、pHの上昇に伴って土壤中の鉄、マンガン、ホウ素が不溶化するためにこれらの元素の欠乏を引き起こすという間接的な作用である。

4) マグネシウム

植物体中のマグネシウムの形態

高等植物の葉には平均0.3%

クロロフィルと結合したMg 6~35%

水溶性Mg (原形質と会合 リンゴ酸・クエン酸などの有機酸の塩)

ペクチン酸と結合、液胞中のシュウ酸やリン酸と結合したMgは難溶性 5~10%

穀粒中 フィチン酸Mg塩

Mg欠乏

土壤から溶脱しやすい。土壤が酸性化すると欠乏しやすい。

クロロフィルができないので葉が黄色になるが、N欠乏と異なり、葉脈部分の緑は残る。

Mg は植物体内を移動しやすい。

不足すると下位の葉から黄化が起こる。

Mgの生理作用

葉緑素の生成に必要

炭酸固定に必要なリン酸化酵素の働きを助ける。

DNAの転写や翻訳の過程にも必須

5) カルシウム資材とマグネシウム肥料

カルシウム資材

生石灰 CaO、消石灰 Ca(OH)₂、炭酸カルシウム CaCO₃

土壤pHの上昇

可給態窒素の増加

Ca そのものの効果による病原性への抵抗性増大

石膏 CaSO₄ はpHを挙げずにカルシウムを補給できる。

pH を上げないので、ジャガイモのそうか病発生を抑制できる。

Caの吸収性は炭酸カルシウムよりも良い。

マグネシウム肥料

我が国では降水量が多いため、溶脱しやすいMg は不足しがち。

十勝地方の火山灰土もMgが不足しがち。

普通肥料 硫酸マグネシウム、水酸化マグネシウム、酢酸マグネシウム、腐植酸マグネシウム、炭酸マグネシウムなどがある。

ようりんや苦土重焼リンなどのリン酸肥料もMg を多く含んでいる。

ようりん（熔成りん肥）は有機農産物の生産にあたって唯一使用が許されているリン酸肥料。