

必須元素ー多量要素編ー

炭素・水素・酸素・窒素・リン・カリウム
カルシウム・マグネシウム・硫黄

炭素、水素、酸素の生理作用

元素	吸収形態	主要な生理作用
炭素 (C)	CO ₂ HCO ₃ ⁻	1)すべての有機化合物(炭水化物、タンパク質、脂質等)の構成元素 2)植物の体内代謝に関与し、光合成作用(同化)では大気中から炭酸ガスとして取り込まれ有機物を生成し、呼吸作用では逆に有機物分解の最終産物として炭酸ガスとして放出される。
水素 (H)	H ₂ O H ⁺ OH ⁻	1)すべての有機化合物(炭水化物、タンパク質、脂質等)の構成元素 2)水の構成元素ですべての植物体内の生理作用に関与 3)クロロフィル(葉緑体)内で水を分解して作られ、合成系に供給される。
酸素 (O)	O ₂ H ₂ O CO ₂	1)すべての有機化合物(炭水化物、タンパク質、脂質等)、水、炭酸ガスの構成元素 2)植物の成長、養水分の吸収に必要なエネルギーを獲得するための有機物の酸化反応(呼吸作用)で必須な役割。

炭素、水素、酸素は、炭酸ガスあるいは水の形で供給されるため、肥料として施用する必要はないが、近年、作物の生育促進や品質向上を目的として、特に施設園芸において、炭酸ガス施用が行われている。

窒素、リン、カリウムの生理作用

元素	吸収形態	主要な生理作用
窒素 (N)	NH_4^+ NO_3^-	<ol style="list-style-type: none">1) クロロフィルの主成分で様面積を大きくし、光合成能力を高める。その他の主要な植物体成分であるタンパク質、核酸、膜脂質(アミノ糖)やリグニン等を構成する。2) タンパク質である酵素は主要な生理反応に関与。核酸は遺伝子を構成。3) 茎葉の成長に効果的で「葉肥」ともいわれる。
リン (P)	HPO_4^{2-} H_2PO_4^-	<ol style="list-style-type: none">1) 核酸や細胞膜を形成するリン脂質の構成元素。2) エネルギー代謝に関与するATP、ADPを始め、光合成や呼吸、糖代謝に関わる中間成分を構成する。3) 植物の成長、分けつ、種子の発芽、開花、結実、根の伸長を促進。「実肥」や「花肥」ともいわれる。
カリウム (K)	K^+	<ol style="list-style-type: none">1) 細胞内成分の液胞中に無機イオンとして溶解して存在する。細胞内の水ポテンシャル(浸透圧)の調整に必須で、細胞内のカリウム濃度の変化により水の移動が生じる。2) 糖やタンパク質、クロロフィルの合成に関与。3) 根の発育を促進し「根肥」ともいわれる。4) 病害虫抵抗性を増大させる。

カルシウム、マグネシウム、硫黄の主な生理作用

元素	吸収形態	主要な生理作用
カルシウム (Ca)	Ca ²⁺	1)細胞壁や細胞膜表面のペクチンと結合し、細胞の構造と機能を強化維持する。(不良環境耐性強化) 2)根や花粉管の伸長を促進する。 3)生体内の有機酸や有害物質を中和する 4)Caは同化器官(葉)に高い濃度で存在するが、欠乏は生長点など濃度が低いところから発生する。
マグネシウム (Mg)	Mg ²⁺	1)クロロフィルの構成元素であり、光合成の場である。 2)植物体内の窒素代謝に関係する酵素の活性化促進。 3)生体内でのリンの吸収・移動に関与し、欠乏すると成長や花芽形成が悪化する。
イオウ (S)	SO ₄ ²⁻	1)システインやメチオニンなどのアミノ酸、タンパク質、ビタミンの構成元素。 2)植物体内での酸化還元などの生理作用に関与。 3)ネギ類の香味成分、芥子の辛味成分の構成元素。

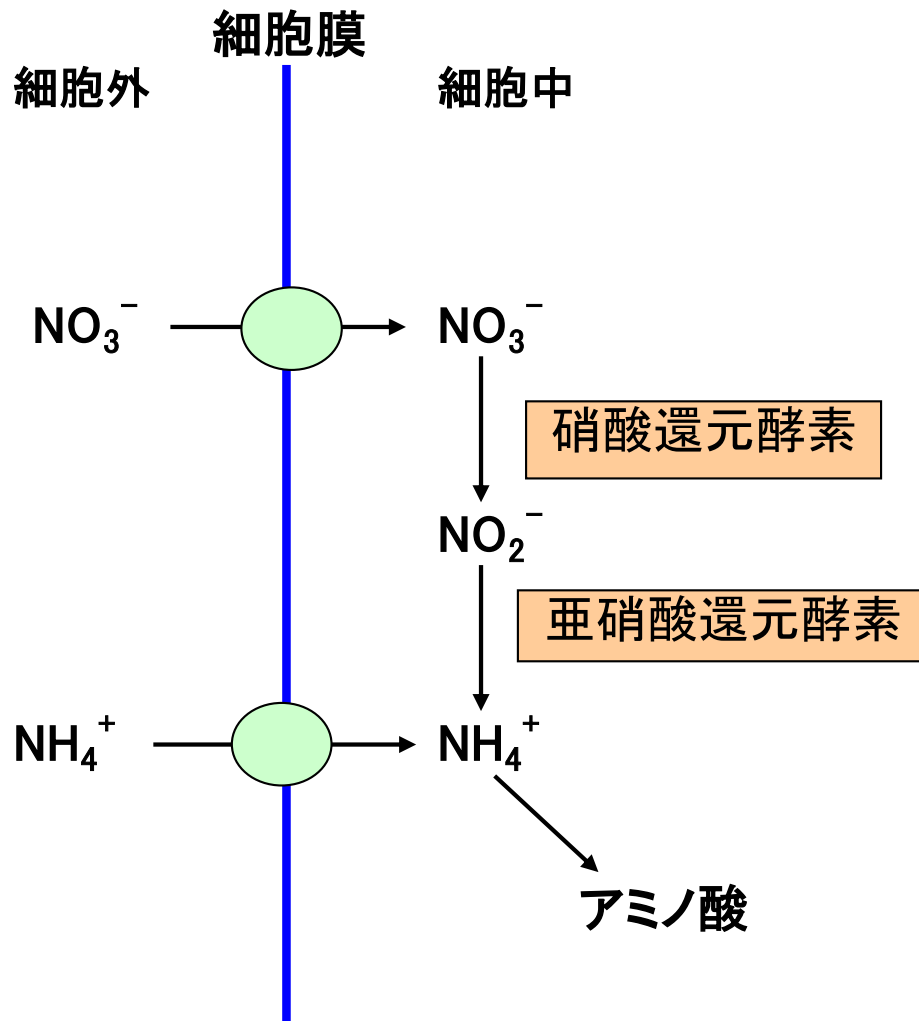
カルシウムは、土壌のpH矯正の役割が強調されてきたが、養分としての評価が必要。

硫黄は窒素やカリ肥料に随伴することが多く肥料の主成分には扱われなかったが、被覆肥料の多用などが継続される場合は見直しが必要となっている。

吸収された窒素の動態(1)

- 窒素は細胞の原形質膜をはじめ、遺伝に関与する核酸、生体内の化学変化を進める酵素、光合成の場となるクロロフィルなどを構成する極めて重要な元素である。
- 植物が利用する窒素は、主にアンモニア態($\text{NH}_4^+\text{-N}$)と硝酸態($\text{NO}_3^-\text{-N}$)である。他に、アミノ酸や低分子のタンパク質などの吸収が明らかにされているがその割合は小さい。
- 植物体内に吸収された硝酸態窒素は、まず、アンモニア態窒素に還元されて初めて利用される。この反応は主に葉で起こり、微量元素のMoやMnが補酵素として関与している。
- NH_4^+ (アンモニアイオン)自体は植物体に有害であるため、体内では速やかにグルタミン酸を経て各種アミノ酸や種々の有機化合物へと変化する。窒素化合物が細胞内に蓄積される場合はグルタミンやアスパラギン等のアミンとなる。

細胞内での窒素の形態変化



好硝酸性植物と 好アンモニア性植物

- ANがあれば生育が良好な作物
イネ、オオムギ、レタス、茶
- AN+NN両方あった方が生育が
良好な作物
ソバ、エンバク、小麦、トウモロコシ
- NNがあれば生育が良好な作物
アズキ、カラシナ、キュウリ、トマト、
ハクサイ、ダイコン、キャベツ、
タマネギ、バレイショ、ダイズ
- ANでもNNでも生育が変わらない
作物
ニンジン、ネギ

吸収された窒素の動態(2)

- 植物体内で合成された窒素化合物は容易に移動し、生長点や必要とする器官へ送り込まれる。体内の窒素化合物が少ない場合には古い組織中の化合物が若い器官へ移動し再利用される。このため、窒素欠乏の症状は古い組織から現れる。
- 植物の生育との関係では、窒素吸収が多いと光合成で生産された糖分と化合してタンパク質等への変化が増大し茎葉が大きくなる。その結果、糖分自体から合成されるペクチン、セルロース、リグニン等の細胞膜物質の生成が低下し、細胞の肥大と相まって多汁質で軟らかくなる。そのため病害虫に侵され易く、干ばつや霜害にも弱い。
- 一方、窒素吸収が少ない場合は、細胞が小さく細胞膜は厚くなって、葉は粗剛で繊維質となる。
- 窒素含有量は葉色にも影響し、その増加にともなって黄緑色～緑色～暗緑色へ変化する。この変化を利用したものが葉色診断で適正な窒素管理の目安とされる。

吸収されたリンの動態(1)

- 植物体には極めて多量のリン化合物が存在する。細胞の原形質膜の構成成分(核酸、核タンパク質、リン脂質など)、エネルギー代謝や糖の合成分解過程に関与する中間代謝物や補酵素、さらに、量的に多いのは無機リンであり、体内の代謝の盛んな器官に移行する。
- 植物体内に吸収されたリンは、成長が最も盛んに行われている根端、新葉、側芽などに速やかに移行する。
- 葉では光合成が盛んな葉位に集積するなど、成長にともなって古い組織から若い組織へと移行分布している。たとえば、イネでは出穂期～登熟期には莖葉から穂へ移行する。

吸収されたリンの動態(2)

- リンが欠乏すると、多くの場合葉色が暗青緑色を呈し、アントシアン色素ができて葉の基部や周縁部が紫色となりやすい。甚だしい場合は黄化し枯死する。
- 窒素欠乏と違って、生育初期に一旦リン欠乏となると、植物の生育が遅れ、後期になってリンを施用しても正常な生育は期待できない。
- また、リンの生育に及ぼす影響は生育初期ほど高い。特に、子実生産能率は生育初期に吸収されたリンほど高く、後期に吸収されたリンは低い。
- 水稻の収量構成要素で見ると、窒素欠乏と同様に、穂数が減少し、一穂粒数が少なくなる。
- 窒素と比してリン過剰症は少ない。

吸収されたカリウムの動態

- 窒素やリンと異なり、カリウムを含む有機化合物は植物体には存在しない。多くは無機態、あるいは有機酸の塩、タンパク質やコロイドと弱く結合した状態で存在している。
- カリウムの植物体内の移動は容易で、光合成作用の旺盛な葉や細胞分裂の盛んな器官に多い。すなわち、カリウムの欠乏も窒素欠やリン欠と同様古い葉に現れる。
- 生理機能としては、糖代謝やタンパク質合成における種々の酵素反応に関与しているほか、細胞の理化学性(電解質濃度の調整、有機酸の中和、緩衝作用など)を正常に保つ機能を介して水分状態の調節に寄与している。
- カリウム欠乏の多くでは、葉の褐変と乾燥が見られ葉焼け(フリンク)と呼ばれている。また、糖代謝と窒素代謝が乱れる結果、茎葉は軟弱で成熟期が遅延し、糖含量の低下が認められる。イネでは一穂粒数が少なく不稔が多くなる。

吸収されたカルシウムの動態

- カルシウムの吸収は水のマスフロー（根での吸水と地上部の蒸散につながる水の動き）に連動している。従って、高湿度など蒸散不足条件では吸収が低下する。
- カルシウムの吸収は溶液中の濃度に依存的で古い根よりも若い根で活発におこる。
- カルシウムは葉など同化器官に多く、植物体内の古い組織から新しい組織への移動はほとんどない。従って、カルシウムの欠乏は新葉、果実の先端、蒸散部位である葉縁部に発生しやすく、組織が崩壊し褐変する。
- カルシウムの生理機能は、細胞間にある中層のペクチンと結合しての組織強化、根や花粉管の伸長、タンパク質の分解産物であるシュウ酸の中和無害化などで、不足すると低温などの不良環境に対する耐性も低下する。
- その発生には窒素過多、温度上昇による生体量の急な増大、日照不足や高湿度、低地温などの生育環境要因が関係する。

吸収されたマグネシウムの動態

- マグネシウムはクロロフィルの構成成分であり、植物の生育にともない吸収は持続される。不足すると葉脈間が黄化する(クロロシス)。マグネシウムは体内移動が容易な元素であり、欠乏症状は古い組織から現れる。
- ただ、果菜類では果実肥大期に大量のマグネシウムが果実へ移行するため、果実近傍の葉より欠乏症状が現れる。これを生理的マグネシウム欠乏とも呼び、成熟の証ともされる。
- マグネシウムは土壤にアンモニア態の窒素が増加すると吸収が極度に抑えられる。また、カリウムやカルシウムとも拮抗的な関係にあるとともに、土壤中に大量のリン酸集積が生じている圃場のトマトではマグネシウム欠乏がみられるなど、他の養分とのバランスが重要である。