

## File No. 1 植物の生育と必須元素・肥料

### 一、必須元素とは

植物の生育に必要不可欠の元素は、窒素 (N)、りん (P)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、酸素 (O)、水素 (H)、炭素 (C)、マグネシウム (Mg)、硫黄 (S)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、ホウ素 (B)、亜鉛 (Zn)、モリブデン (Mo)、銅 (Cu)、塩素 (Cl) の 16 種類である。これらの元素は必須元素と呼ばれ、そのうち一つでも欠けると植物体の生長が完結しない。なお、必須元素ではないが、植物体に与えると、その生長を助ける元素としてナトリウム (Na)、けい素 (Si) があり、これらは有用元素と呼ばれる。

### 二、肥料とは

通常、植物生育の必須元素の中には、自然環境において、水素と酸素は水から、炭素は空気中の二酸化炭素から取得することができるため、わざわざ人工的に外部から与える必要がない。しかし、自然環境からの吸収量が植物の生育要求に満たさない必須元素については、植物の生育促進と収量増大のために、人工に与える必要がある。これら植物に利用できる形態の必須元素を含有する資材は肥料と呼ばれる。

大気中に窒素が 70% も含まれて、岩石、特に長石にカリウムも多量あるが、植物に吸収利用できる形態ではない。また、りん酸も同じに言える。この 3 元素についてはほぼ全量を外部から植物が利用できる形態で供給しなければならない。鉄、亜鉛、銅などは植物の成長にはごく微量で良く、通常の土壌ではあまり不足しない。しかしながら、アルカリ性の強い土壌等では、これらの金属イオンが難溶性となり、植物が吸収利用しにくいため、生育が阻害されることがある。この場合、土壌 pH を調節するほか、微量元素肥料として与えることで、植物の生育状況を改善できる。

一方、土壌を使わない溶液栽培など、土壌からの吸収が全く期待できない場合は、水素や酸素、炭素を除き、全て肥料として与えてやる必要がある。また、施設園芸などでは、封鎖環境中に二酸化炭素の不足による炭素飢餓が発生することがあり、人工的に二酸化炭素を施用することもある。

肥料成分の中に、窒素 (N)、りん酸 (P)、カリウム (K) は多量必須元素と呼ばれる。それ以外にカルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、硫黄 (S) は中量必須元素、ホウ素 (B)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu)、モリブデン (Mo) 等は微量元素と呼ばれている。

### 三、各必須元素の働き

#### 多量元素

##### 1. 窒素 (N)

窒素は植物細胞の原形質を構成するタンパク質 (アミノ酸) の主成分で、他に葉緑素、酵素、ホルモン、核酸など体内で重要な働きをする生体成分の構成に欠かせない元素である。次のような生理作用がある。

イ、 細胞の分裂・増殖に必要である。

ロ、 根、葉、茎の発育、伸長を促す。

ハ、 養分の吸収、同化作用を盛んにする。

窒素は主に植物を大きく生長させる作用がある。特に葉を大きくさせやすく、葉肥 (はごえ) と言われる。過剰に与えると、植物体が徒長し、軟弱になるため病虫害に侵されやすくなる。逆に、軟らかい植物体を作りたいときは窒素を多用するとよい。

また、窒素はどのような状態の窒素であるかにもより肥効が左右される。アンモニア態窒素（硫安、塩安など）は土壤に吸收・保持されやすいので肥効は高い。しかし、土壤でバクテリアにより硝酸態窒素に変化すると土壤に吸收・保持されにくいで、流失してしまいやすい。有機質の肥料や尿素などは土壤の中では、まず、バクテリアによりアンモニア態窒素に変化し、さらに硝酸態窒素に変化する。アンモニア態窒素は多用するとアンモニアガスを生じ、植物に障害を与える場合がある。この現象は施設園芸において起こりやすい。

## 2. りん酸（P）

りん酸はDNA、細胞膜の構成元素であるうえ、エネルギー転流に重要な役割を果たすATPの主成分で、植物の新陳代謝を司る重要な元素である。主な働きは、

- イ、作物の生長を早める。
- ロ、根の発育を促し、発芽力を盛んにする。
- ハ、分けつの数や根、茎、葉、花の数を増やす。
- ニ、子実の収量を高め、品質を良くします。

りん酸は主に開花結実に関係する。花肥（はなごえ）または実肥（みごえ）と言われる。可溶性りん酸とく溶性りん酸が植物に吸収される。このうち可溶性りん酸は、アルカリ性クエン酸アンモニウム溶液に溶けるりん酸で、この中には水溶性リン酸も含まれる。く溶性りん酸はpH2.1のクエン酸溶液に溶けるりん酸である。なお、化学分野では「P」は元素のりんを表すが、農業・園芸分野ではりん酸塩類を表すことが多く、りん酸と略されることが多い。

## 3. カリウム（K）

カリウムは光合成における光りん酸化反応においてATPの合成・転流の促進、植物体内的浸透圧の調整等を通して、デンプン、タンパク質の生成、移動、蓄積に役立つ。主な働きは、

- イ、水分の蒸散作用を調節する。
- ロ、根の発育を早める。
- ハ、植物組織を強固にして、寒さ・暑さに対する耐性や病虫害に対する抵抗性を高める。
- 二、開花、結実を促進する。
- ホ、日照の不足による成長速度の低下を抑える。

カリウムは主に根の発育と細胞内の浸透圧調整に関係するため、根肥（ねごえ）といわれる。水溶性のため流亡しやすいので、追肥で小出しに与えるのがよい。細胞内ではほとんどイオンの形で存在して、細胞が死ぬと細胞外へ流出しやすい。また、植物体内での転流も容易である。農業・園芸分野ではカリウムを加里と呼ばれる。

## 中量元素

### 4. マグネシウム（Mg）

マグネシウムは葉緑素を構成する元素である。また、植物体内におけるりん酸の移動を助ける。主な働きは、

- イ、葉の光合成を促進する。
- ロ、生長点の成長を盛んにする。
- ハ、蛋白質、脂肪の合成に必要な元素である。
- ニ、植物体内のりん酸移動を助ける。

マグネシウムは葉緑素形成や新陳代謝に不可欠な物質である。欠乏の場合は、葉が緑色から黄色くなり、光合成能力が低下する。また、細胞分裂の盛んな生長点等にりん酸の移

動が阻害され、生育が悪くなる。農業・園芸分野ではマグネシウムを苦土（くど）と呼ばれる。

### 5. カルシウム (Ca)

カルシウムは葉に多く存在し、代謝反応時に生成される有機酸の中和を助ける。また光合成で合成された糖類の体内転流に強く関与する。他に組織の各細胞を結合させる役目もある。欠乏の場合は、葉の光合成でできた炭水化物の移動が妨げられる。主な働きは、

- イ、植物の細胞壁を作り、また、これを強化する。
- ロ、有機酸などの有害物質と結合して、これを無害化する。
- ハ、葉緑素の生成、光合成で生成された糖類の移動に必要である。
- ニ、根の発育を促進するなどにより病害に対する抵抗力を強くする。
- ホ、植物に硝酸態の窒素を良く吸わせ、また、加里、苦土の吸収を調整する。

農業・園芸分野ではカルシウムを石灰（せっかい）と呼び、土壤のpH調整などに用いられる。消石灰（水酸化カルシウム）または炭酸石灰（炭酸カルシウム）などがある。

### 6. 硫黄 (S)

含硫黄アミノ酸及び含硫黄有機化合物の構成元素である。植物体内では有機態硫黄で存在するほか、相当量の硫黄が、無機態で存在し酸化還元系に関与している。主な働きは、

- イ、タンパク質の合成に必要な元素である。
- ロ、含硫化合物を作る。
- ハ、葉緑素の生成を助ける。

火山灰土壤の多い日本では、硫黄の欠乏が起きにくい。一方、老朽化した水田では、発生した硫化水素が水稻の根に深刻な被害を与えることが多い。

## 微量元素

### 7. マンガン (Mn)

マンガンは光合成、特に酸化還元反応系の酵素にその働きを促進する。葉に含まれるマンガン総量のうち60%近くが葉緑体中に存在している。また、タンパク質の合成を助ける。

通常の土壤では、欠乏症が出にくいが、アルカリ性環境（土壤pHが高い場合）では $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$ に酸化されて、植物の吸収利用が阻害され、欠乏症が出やすい。

### 8. ほう素 (B)

ほう素は細胞壁生成に重要な役割を有し、細胞膜や通導組織の形成維持に役立つ。また、りん酸（P）と似ており、糖などの有機物の水酸基とエステル結合を作ることにより、糖やカルシウムの吸収、転流、代謝に関係する。

通常の土壤では、欠乏症が出にくいが、アルカリ性環境（土壤pHが高い場合）は植物の吸収が阻害される。

### 9. 鉄 (Fe)

鉄は葉緑体のりんタンパク質と結合し葉緑素の形成に関与する。また酸化還元反応に関与し、呼吸の際、酸素の運搬を行っていると推測されている。

鉄が欠乏すると葉が黄白化する（クロロシス）。タンパク質の合成が阻害され、植物体内に無機態水溶性窒素が溜まり、軟弱し、病気にかかりやすくなる。

### 10. 銅 (Cu)

銅は葉緑体中に多く、光合成や酸化還元に関係する銅酵素に含まれ、鉄（Fe）と同様に特に呼吸作用に重要な役割を担う。また、外部損傷を修復する酵素との関連もあることが知られている。

**11. 亜鉛 (Zn)**

亜鉛は植物体内の各種酵素の構成成分である。また、植物ホルモンであるオーキシンの代謝、タンパク質の合成に関与する。高 pH や、りん (P) が多量にあると、吸収されにくくなる。

**12. モリブデン (Mo)**

モリブデンは、体内的酸化還元に関わる酵素の構成成分である。また、硫酸還元酵素（硝酸を窒素にする）の構成金属として、窒素代謝に役立つ。根粒菌の窒素固定、硝酸還元に関係する。必須元素の中で、最も必要量が少ない元素である。

**13. 塩素 (Cl)**

塩素は植物の光化学系 II における酸素発生に関与する。光合成産物の糖類の転流、植物病気の抑制、作物の成熟にも関わる。通常、塩素が土壤と水に充分あり、欠乏症がほとんど出ない。

**有用元素****14. けい酸 (Si)**

けい酸は植物の必須元素ではないが、イネ科植物、特にイネのケイ化細胞を増加させ、耐病、耐虫性、耐倒伏性などを高める有用な元素である。