

File No. 58

カルシウムと植物

カルシウム (Ca) は原子番号 20、原子量 40.08 のアルカリ土類金属元素である。地殻中の存在率が 3.39%、酸素、ケイ素、アルミニウム、鉄に次いで 5 番目の多い元素とされている。

カルシウムは動植物にとって欠かせない元素で、哺乳動物ではカルシウムが骨を構成する主成分のほか、神経や細胞内の情報伝達などにも重要な役割を果たしている。植物ではカルシウムが主に細胞壁の構成成分で、細胞と細胞を強固に結びつけることで植物体を構成する。また、細胞膜の安定化、細胞内染色体の構造維持及び細胞内の新陳代謝で発生した有機酸の中和無害化にも欠かせない成分である。

植物の中にカルシウムが一番多く存在しているのは細胞壁である。細胞壁の構造は図 1 に示すようにセルロースから構成する微纖維の束が多糖類や糖タンパク質からなるマトリックと呼ばれる基質に埋め込まれている形である。その基質を構成する多糖類は葉や若枝、果実など若い組織の細胞では主にペクチンで、茎などの固い木質部ではヘミセルロースが多い。

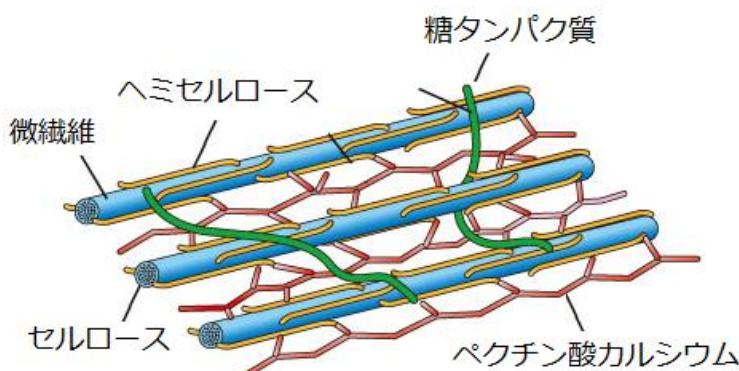


図 1. 植物の細胞壁構造模式図（筑波大学生物類の HP から引用）

セルロースと一緒に細胞壁を構成するペクチン (pectin) とは、細胞壁を熱水やキレート溶液で抽出して得られる酸性多糖の総称で、ペクチン質またはペクチン性多糖ともよばれる。細胞壁においてペクチンはセルロースの微纖維を固めるほか、細胞と細胞の接着にも大きな役割を果たしていると考えられている。ペクチンのカルボキシル基 (COO^-) がカルシウムイオン (Ca^{2+}) と結合してペクチン酸カルシウムとなって初めて、ゲル化して基質となる。すなわち、細胞壁をコンクリート構造物と例えれば、セルロースが鉄筋、ペクチン酸カルシウムがセメントである。なお、ペクチン酸カルシウムの分子構造は図 2 に示す。

植物中のペクチン含有量について、東京農業大学の川端らが 44 種類の果実類、3 種の果菜類および 3 種の種実類の新鮮物可食部を材料にして行った調査報告によれば、ペクチンの含有率が 0.5% 以上のものが多く、クルミやラッカセイのような種実類が 5% 以上、かんきつ類も 1% 以上を有する。乾物で換算すれば、これら植物の可食部の 5~20% もペクチン

である。

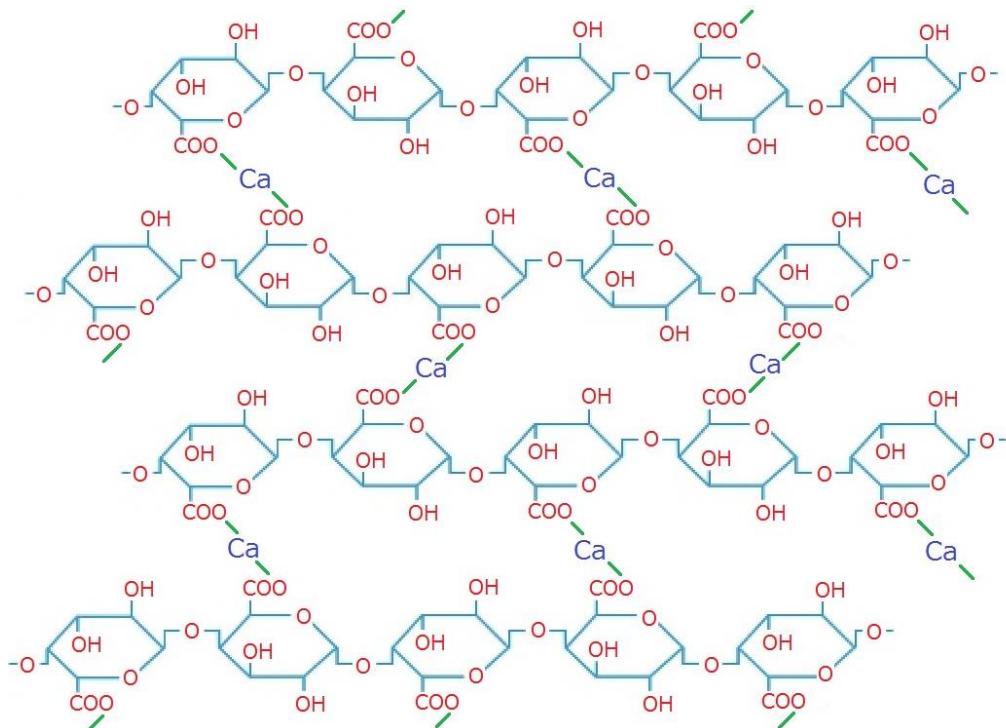


図 2. ペクチン酸カルシウムの分子構造模式図

また、カルシウムは植物細胞内の新陳代謝で発生した有機酸を中和し、難溶性カルシウム化合物の形で細胞内の液胞に貯めることにより、細胞内の pH を調節し、有害の代謝物を無害化して生育に最適な環境を整えるには重要役割も果たす。ホウレンソウなどに多く含まれているシュウ酸カルシウムはこの有機酸を中和した産物である。

植物ではカルシウムが乾物重の約 1.8% を占めている。また、植物を 600°C で灰化して残った無機成分にはカルシウムが 2 番目か 3 番目に多く、大体 5~10% を占める。従って、カルシウムはマグネシウム、硫黄と並び、窒素、りん酸、カリウムに次ぐ中量必須元素と呼ばれる故である。

植物のカルシウムはほかの養分と同じ、すべて根が土壌から吸収されたものである。主なカルシウム肥料は消石灰、苦土石灰、有機石灰（牡蠣殻など）であるが、普通の化学肥料でも過りん酸石灰、重過りん酸石灰と熔燐なども多量のカルシウムを含んでいる。ただし、カルシウムは粘土鉱物の構成成分で、土壌コロイドに多量に存在しているため、根から出した根酸がイオン交換反応、酸の溶解作用、配位子交換反応を通して粘土鉱物からカルシウムをイオン状態に遊離させ、吸収利用する。また、灌漑水、特にカルシウムとマグネシウムが多く含まれている硬水から多くのカルシウムイオンが供給される。慣行栽培では砂土や砂壤土のような粘土鉱物の少ない土壌を除き、カルシウム欠乏症が発生しないので、わざわざカルシウムだけの肥料を施用する必要がない。

耕地に消石灰や苦土石灰の施用を勧めた理由は土壤中のカルシウムを補充することではなく、土壤pHの調整である。土壤は硫安、塩化加里、硫酸加里などの生理的酸性肥料の施用、植物残骸の分解に発生した有機酸、植物根から出した根酸、降雨による塩基性イオンの流亡などにより次第に酸性に傾けることが多い。酸性化した土壤を植物生育に適するpHに戻らせるために消石灰などアルカリ性肥料を施用する訳である。但し、消石灰を撒き過ぎると、土壤が固くなるだけでなく、植物生育に向かないアルカリ性土壤になってしまふ恐れもあり、注意が必要である。

一方、養液栽培、特に固形培地を使わない水耕栽培では、カルシウムが必ず培養液に添加しなければならない養分である。これは、土壤からの供給が全く期待できず、植物生長に必要なカルシウムが全量培養液から吸収しなければならない。通常、培養液にはカルシウムの濃度が窒素とカリウムに次ぐ3番目で、りん酸よりも多い元素である。例えば、園芸試験場標準処方では、カルシウムの濃度がカリウムと同じ8me/Lで、りんの4me/Lの倍である。大塚化学A処方でも、窒素の18.2me/L、カリウムの8.6me/Lに次ぎ、カルシウム濃度が8.2me/Lで、りんの5.1me/Lより多い。養液栽培ではカルシウムの不足による欠乏症が多くみられる。

植物のカルシウム欠乏症が茎の生長点や若葉、若果など新しい発生した組織に現れる。根から吸収されたカルシウムがほかの無機養分と同じ、イオンの状態で木部の導管を経由して地上部へ移送され、各器官の細胞に分配される。但し、カルシウムは一度細胞に運んでからペクチンと結合して細胞壁を構成するほか、難溶性の有機酸塩として細胞の液胞に貯めるので、植物体内ではほとんど再移動しない。従って、カルシウム欠乏症がまず、新しい組織に現れる。

植物のカルシウム欠乏症状は新しい葉の先や縁から黄色になり枯れて、芯腐れ、若い果実の尻腐れなどに現れる。これはカルシウムの不足で、丈夫な細胞壁が作れないため、細胞が枯れたり、カビなどの病原体が細胞内に侵入し病気を引き起こしたりする。養液栽培によく見られるトマトの尻腐れ（図3）とレタス、イチゴなどのチップバーン（図4）、キャベツとレタスの芯腐れはカルシウム欠乏により誘発されたものである。



図3. 養液栽培のトマトの尻腐れ
(otankonasuponさんのHPから引用)



図4. 水耕栽培のレタスのチップバーン

カルシウム欠乏症を予防するには、培養液のカルシウム濃度を常時監視して一定のレベルを維持するほか、植物の生長が盛んなで多量のカルシウムを必要する時期に硝酸カルシウムや塩化カルシウムの希薄溶液を葉面散布して、生長点や新葉にカルシウムを補充することが非常に有効である。但し、カルシウム欠乏症がすでに発生した場合は、カルシウムの葉面散布などの措置を行っても、壊死した細胞や組織が回復することはない。商品価値を失った尻腐れの果実を摘果したり、チップバーンの植株を廃棄したりするしかない。

一方、土壤または培養液中のカルシウムが過剰の場合は、植物に直接の影響を及ぼないが、養分の拮抗作用で、カリウム、マグネシウム、鉄、銅、亜鉛、ホウ素の吸収を抑制するほか、石灰を過剰に施用した結果、土壤が局部にアルカリ性になり、マンガン、鉄、ホウ素の欠乏症を助長する。特に乾燥地域に多くみられるアルカリ性土壤や施設栽培で塩類集積が発生した土壤ではカルシウム過剰から誘発した微量元素の欠乏症に注意が必要である。