

File No. 33

養分の同等重要則と代替不可則

植物の組成は図 1 に示すように、80～85%が水分で、粗繊維、たんぱく質、可溶無窒素物（糖類など）、脂肪質など水分以外の乾物重が 15～20%である。また、乾物を高温で燃やし、炭素や窒素を完全に飛ばした後に残った灰分は約 6%である。この灰分に含まれている元素に酸素を除き、窒素を加えた量は植物が生長の過程に於いて土壌から吸収したものである。なお、灰分中の酸素はカリウム、カルシウム、マグネシウムなどと結合して、酸化物となったものである。

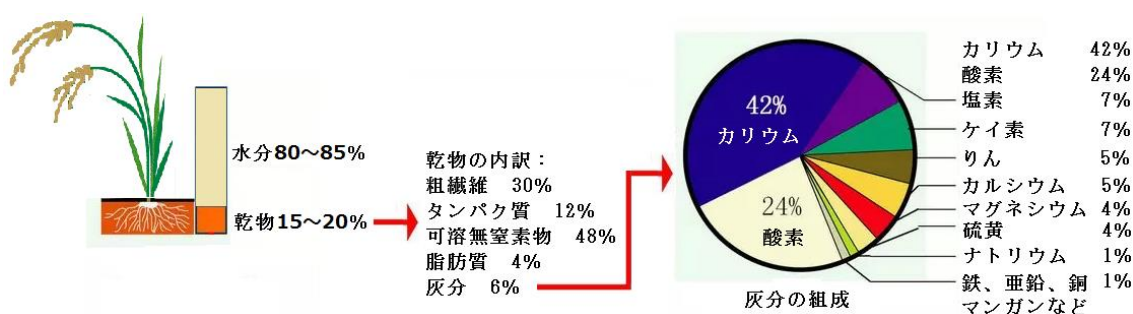


図 1. 植物の成分組成

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の生長が完結しない。なお、必須元素ではないが、植物に与えると、その生長を助ける元素としてナトリウム (Na)、ケイ素 (Si) があり、これらは有用元素と呼ばれる。

必須元素の特徴は、その非代替性、直接性、普遍性である (図 2)。即ち、① 植物生育にとってその元素の特有の役割があり、他の元素が代替できない。② その役割が植物の生育に直接に影響を及ぼし、間接的なものではない。③ その役割はすべての植物にとって同じで、特定の植物に限られない。

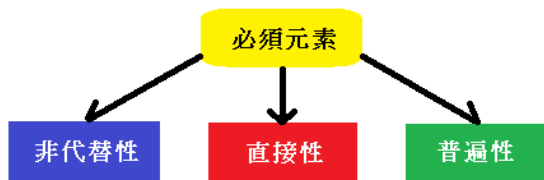


図 2. 植物生育に必要不可欠の元素の特徴

養分の同等重要則とは、上記の 16 種類の必須元素は植物生育にとって需要量がそれぞれ異なるが、その重要性がみんな同じである。窒素、りん酸、加里のような多量元素でも鉄、

銅、亜鉛などの微量元素でも植物の生育に果たす役割はその重要性が同じである。また、これらの元素は、需要量の多寡に関わらず、植物体内に於ける役割は互いに代替できないので、不足の場合は、植物の生育に直接反映して、欠乏症状として現れてくる。これは養分の代替不可則である。

多量元素の窒素とりん酸を例にして説明する。窒素不足の場合は、たんぱく質の合成が阻害され、植物組織の生長だけでなく、葉に含まれるクロロフィル量も減少した。その欠乏は生長が遅れ、茎が細く、葉が小さく、葉色が黄色くなるなどの症状を呈する。この場合はりん酸、加里など窒素肥料以外の肥料をたくさん施用しても、改善できない。一方、尿素や硫酸のような窒素肥料をばっかり使って、りん酸肥料の施用を軽視した場合は、植物のりん酸吸収量が不足で、体内の DNA や ATP の合成が阻害される。その結果、根、茎、葉、花の発育が強く影響され、外観では植物体が徒長し、軟弱になり、実りが悪く、収量と品質が劣る。

一方、微量元素は植物の生育に必要な量が非常に少ないが、不足する場合は植物生育が同様に阻害され、ひどい場合は生育できない。例えば、トウモロコシは亜鉛不足の際にいくら窒素肥料を施用しても生育が止まり、葉が小さくなり、変形し、生長中の葉の中央部がスジ状に黄化・白化する。特に亜鉛と拮抗関係にあるりん酸肥料を多量施用した場合に亜鉛欠乏症がよく発生する。鉄欠乏症でも葉の白化現象が現すが、亜鉛欠乏の場合は鉄を含む肥料をいくら施用しても改善されない。

別の例では、アブラナ科植物はホウ素を嗜好する植物で、その中のナタネはホウ素が不足する場合は、花が咲いても実が実らない現象が見られる。通常の土壌では、ホウ素欠乏症が出にくいですが、アルカリ性環境（土壌 pH が高い場合）やりん酸過剰の環境ではナタネのホウ素吸収が阻害される。この場合は、土壌中の窒素、りん酸、加里がナタネの生育に充分満たされてもホウ素欠乏症によるナタネの減収と品質低下が発生する。

通常、植物生育の必須元素の中には、水を構成する水素と酸素、空気中の二酸化炭素に含まれる炭素は自然環境中に常在しているため、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。

植物にとって、窒素、りん酸、加里に対する需要量が非常に多く、土壌から供給できる量が制限され、植物の需要量を満足させるため肥料の施用を通じて、供給量を増やす必要がある。これは肥料の三大要素と言われる故である。これに加えて、カルシウム（石灰）とマグネシウム（苦土）を加えて、肥料の五要素とも呼ばれている。一方、硫黄、鉄、亜鉛、銅など植物の需要量が少ない元素は、土壌に含有している量だけで満足できる場合が多く、溶液栽培を除き、わざわざ肥料として施用する必要がない。しかし、これらの微量元素は植物の生育にとっての必要不可欠性が窒素、りん酸、加里と同じで、欠乏する場合は、その影響も同様に重大である。

土壌診断と適正施肥にとって、養分の同等重要則と代替不可則、養分の最小律はその理論的根拠である。即ち、多量元素、中量元素又は微量元素が植物の生育に果たす役割は同じ重要で、どれ一つ不足しても欠乏症が発生し、植物の生育に悪影響を及ぼす。また、これらの元素は、需要量の多寡に関わらず、植物体内に於ける役割は互いに代替できないので、養分元素の欠乏症を解決する方法は、その元素を含有する肥料を施用することしかない。

現代農業に於いて過剰施肥の弊害がよく指摘される。土壌養分のバランスが作物の生育と収量を影響する重要なファクターである。土壌中ある元素の供給が不足すると、作物の生育が制限され、収量も落ちる。逆にある元素が過剰に施用された場合は、土壌養分のバランスが崩壊し、その元素の浪費だけではなく、他の元素の吸収が抑制され、作物の生育と収量も思ったより良くなる。窒素、りん酸、石灰のような多量元素と中量元素、特に窒素肥料の過剰施肥がよくみられる。過剰施肥は生産コスト上昇のほか、肥料成分の流亡による環境汚染、土壌の塩類蓄積、土壌酸性化などを引き起し、農業生産にとって百害あって一利なしである。