

File No. 14 肥料成分の水溶性、ク溶性、可溶性

植物の生育に窒素 (N)、りん酸 (P)、加里 (K) の三大元素及びいくつかの中・微量元素が必須不可欠である。農作物の豊作を望む場合は自然の土壌だけではこれらの元素が不十分で、不足分を外部から補充する必要がある。このように植物生育に必要な栄養分を外部から与えるものは肥料と呼ばれる。

植物の根が土壌から水分や養分を吸収するメカニズムは主に浸透圧を利用して行う。浸透圧とは「半透膜を隔てた溶液が存在した場合、その濃度が薄い方から濃い方へと液体は移動していく」という現象である。植物の根毛または根の表面細胞の細胞膜は半透膜の性質を有し、浸透圧により土壌溶液中の水分を吸収する同時に土壌溶液に溶け込んでいる養分も吸収していくこととなる。もし、土壌溶液中の養分濃度が植物よりも高かった場合、浸透圧が逆に働くため、根の水分が外に吸い出されて、植物が枯れてしまういわゆる肥料焼けといった現象が起きる。

従って、植物が根から養分を吸収する場合、すべてイオンの形で行われる。言い換えれば、肥料成分が水に溶けてイオン化してからはじめて植物に吸収利用される。

市販されている肥料の袋が手元にあるなら確かめてみてください。袋に印刷されている肥料の生産業者保証票または輸入業者保証票の保証成分量の項に「水溶性 XX」、「ク溶性 XX」とか「可溶性 XX」の文字が目につく。これは肥料成分がその溶け方の性質の違いにより水溶性、ク溶性、可溶性に分けられる意味である。

水溶性成分： 水に溶ける肥料成分を指す。水溶性成分は簡単に水に溶けてイオン化し、植物がすぐに吸収できる成分である。

ク溶性成分： 本来は水には溶けないが、2%のクエン酸液 (pH 約 2.1) に溶ける肥料成分を指す。この pH 値は根から出した様々な有機酸 (根酸) とほぼ同じであるため、ク溶性成分は植物の根酸に溶けてイオン化して根に吸収されることができる。ただし、本邦の肥料取締法に基づき公定規格では、水溶性成分を含む 2%のクエン酸液に溶ける肥料成分が一括りでク溶性成分として表示する。

可溶性成分： 水には溶けないが、ある規定の溶液に溶ける肥料成分を指す。可溶性成分として肥料取締法に基づき公定規格に指定されているのは可溶性りん酸 (pH9.6 のクエン酸アンモニウム溶液に溶けるもの)、可溶性けい酸 (0.5M 塩酸液または 0.5M 水酸化ナトリウム液に溶けるもの)、可溶性苦土 (0.5M 塩酸液に溶けるもの)、可溶性マンガン (0.5M 塩酸液に溶けるもの) の 4 成分しかない。

可溶性成分という概念は過りん酸石灰の評価に由来するものである。過りん酸石灰は水溶性のりん酸一カルシウム ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) のほか、水に不溶のりん酸二カルシウム (CaHPO_4) も含んでいる。栽培実験によりりん酸二カルシウムが水に不溶であるが、その肥料効果が水溶性のりん酸一カルシウムと同等であることが確認された。そこで、ドイツのペーテルマン (Petermann) 氏がこのようなりん酸成分を可溶性りん酸として評価する手法と

して開発され、本邦が現在にも採用された。ただし、本邦の肥料取締法に基づき公定規格では、水溶性成分を含む pH9.6 のクエン酸アンモニウム溶液に溶けるりん酸が一括りで可溶性りん酸として表示し、そのうちの水溶性の成分が「内水溶性りん酸」として表示しなければならない。

よく使われる化学肥料の成分と溶解性は表 1 に示す。

表 1. 化学肥料の諸成分特性

肥料名	有効成分	成分量	溶解性	特 性
尿素	尿素態窒素	窒素全量 46%	水溶性	流亡しやすく、アンモニアに変化してから吸収される
硫安	硫酸アンモニウム	アンモニア性窒素 21%	水溶性	土壤に硫酸根が残る
塩安	塩化アンモニウム	アンモニア性窒素 25%	水溶性	塩素が流亡しやすく、土壤に残らない
硝安	硝酸アンモニウム	硝酸性窒素 17% アンモニア性窒素 17%	水溶性	硝酸性窒素が流亡しやすい
石灰窒素	カルシウムシアナミド	窒素全量 21% アルカリ分 50~55	可溶性（分解）	アルカリ性、土壤に吸着して流亡しにくい
硝酸石灰	硝酸カルシウム	硝酸性窒素 11%	水溶性	硝酸性窒素が流亡しやすい
りん酸一安	りん酸一アンモニウム	アンモニア性窒素 10%、りん酸 51%	水溶性	
りん酸二安	りん酸二アンモニウム	アンモニア性窒素 18%、りん酸 46%	水溶性	
過りん酸石灰	りん酸一カルシウム、りん酸二カルシウム	可溶性りん酸 18%、 水溶性りん酸 15%	水溶性 可溶性	水溶性りん酸が固定されやすい
重過りん酸石灰	りん酸一カルシウム、りん酸二カルシウム	可溶性りん酸 44%、 水溶性りん酸 38%	水溶性 可溶性	水溶性りん酸が固定されやすい
熔成りん肥	りん酸とけい酸、石灰、苦土などの共熔物	りん酸 20%、苦土 15%、けい酸 20%	りん酸と苦土は可溶性、けい酸は可溶性	アルカリ性、流亡しにくい
苦土重焼り	りん酸、石灰、	りん酸 35%、苦土	りん酸は水溶	速効性と緩効性を揃

ん	苦土の化合物	4.5%	性とク溶性、苦土はク溶性	う
塩化加里	塩化カリウム	加里 60%	水溶性	
硫酸加里	硫酸カリウム	加里 50%	水溶性	
硝酸加里	硝酸カリウム	硝酸性窒素 13%、加里 46%	水溶性	硝酸性窒素が流亡しやすい
けい酸加里	加里とけい酸、苦土の共熔物	加里 20%、けい酸 30%、苦土 4%	加里と苦土はク溶性、けい酸は可溶性	アルカリ性、流亡しにくい
被覆窒素肥料	硫黄や樹脂を使って尿素などの窒素肥料を被覆するもの	被覆されている肥料の成分量による	緩効性	肥料成分の溶出速度は被膜に制御される
化学合成緩効性窒素肥料	尿素とアルデヒド類の化合物	アルデヒド類の含有量による	緩効性	肥料成分の溶出は化合物の分解速度に制御される
消石灰	水酸化カルシウム	アルカリ分 65	可溶性	強アルカリ性、土壌 pH 調節材
炭カル	炭酸カルシウム	アルカリ分 53	可溶性	土壌 pH 調節材
苦土石灰	炭酸カルシウム、炭酸マグネシウム	アルカリ分 55、苦土 15%	炭酸カルシウムは可溶性、苦土は可溶性とク溶性	土壌 pH 調節材
硫酸苦土	硫酸マグネシウム	苦土 25%	水溶性	

この表でわかるように、窒素成分は被覆肥料と化学合成緩効性肥料を除き、ほとんど水溶性のものである。りん酸成分は水溶性のものが多いが、一部可溶性のものや熔成りん肥のようなク溶性のものもある。加里成分はけい酸加里を除き、すべて水溶性のものである。その他の中・微量元素は肥料種類により水溶性、可溶性、ク溶性に分けられる。

植物根が養分を吸収する場合、すべてイオンの形で行われるため、肥料成分の溶解性からその肥効が速効性のものか、緩効性のものが大体判別できる。概して最も溶解性の高い水溶性成分は、速効性のもので、施用後数日以内に肥料効果が発揮できる。次いでク溶性成分、可溶性成分の順で肥料効果がゆっくり現れる。

一方、水溶性成分、特に硝酸イオンなど陰イオン系の成分が降雨や灌漑により流亡されやすく、肥効期間が一番短い。また、イオン化した成分がほかのイオンと結合して、植物

に吸収利用されにくい難溶性化合物を生成する可能性も高い。ク溶性成分と可溶性成分は水に溶けないので、流亡しにくく、土壤中に留まる可能性が高い。特にク溶性成分が植物や微生物に吸収利用されない限り、流失することがほとんどなく、土壤中に数年間残留することもある。図1は植物の水分と養分の吸収メカニズムを示す略図である。

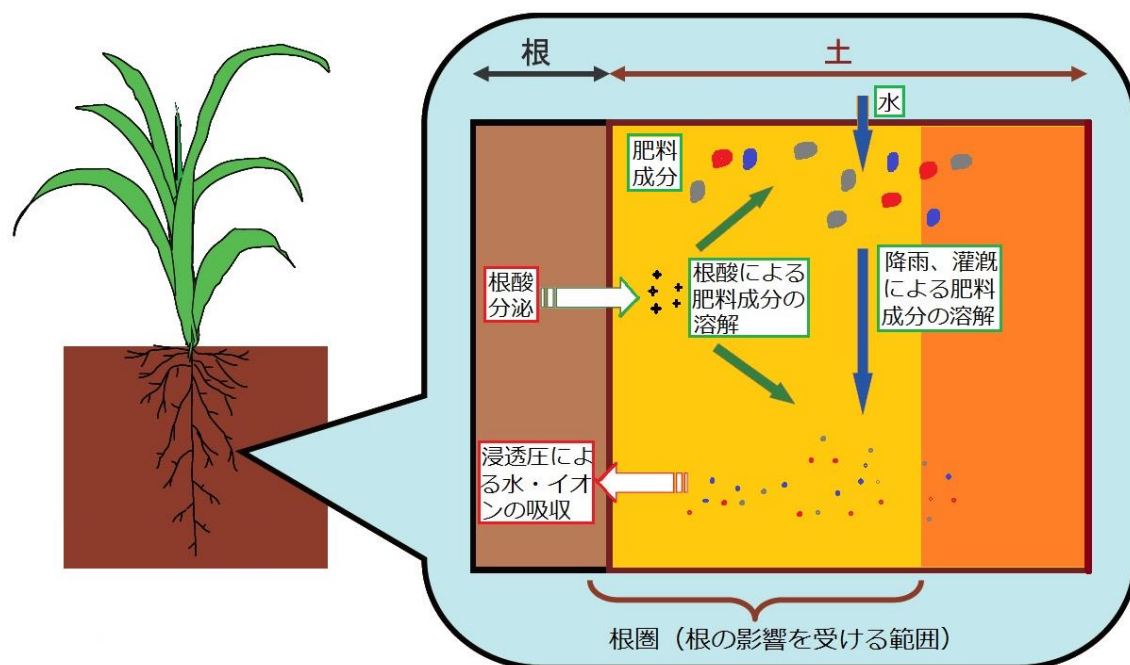


図1. 植物の根による水分・養分の吸収メカニズム

施肥の際には用途、土壌種類、作物種類などを考慮して肥料を選択することが重要であることを言うまでもない。特にりん酸系肥料を選択する際に肥料成分の溶解性を重要な選択要素である。概して、下記の基準をご参考ください。

1. 基肥は肥効を長期間に渡って続けるために可溶性やク溶性成分の多い肥料または被覆肥料や化学合成緩効性肥料が適するが、追肥は肥料効果を速く発揮させるために水溶性成分の肥料しかない。
2. 砂質土壌は肥料成分の吸着能力が弱く、水溶性成分が流亡しやすい。粘土質土壌は吸着能力が高いが、水溶性りん酸を固定して、難溶性りん酸になりやすい。特に火山灰土壌は活性アルミニウムが多く、アルミニウムと結合したりん酸は水に溶けにくい難溶態に変化し、作物の吸収利用が難しくなる。このような土壌にはク溶性のりん酸成分を有する肥料が適する。
3. 酸性土壌は加里、カルシウム、苦土などの欠乏とりん酸固定現象が発生しやすく、可溶性やク溶性成分の肥料が適する。アルカリ性土壌は植物から出た根酸の溶解力が弱く、可溶性とク溶性成分の吸収利用率が低くなり、避けるべきである。
4. 水田は灌漑により水溶性成分が流亡しやすい。水溶性成分、特に土壌に吸着されにくい陰イオン系の水溶性成分の肥料を使う場合に注意が必要である。

