

File No. 48

肥料種類と肥料利用率との関係

現代農業において肥料の利用率を高めることは、作物生産の収量性や経済性を向上させるばかりでなく、施肥による環境負荷を最小にする最も重要かつ有効な手段である。「施肥時期と肥料利用率との関係」及び「施肥位置と肥料利用率との関係」の篇において、作物の各生育ステージの養分要求と肥料養分の供給を同調させることや肥料と作物根と接触させる接触施肥の方式は肥料利用率の向上に非常に有効な手段であると述べた。本篇は肥料の種類（形態）と肥料利用率との関係について説明する。

肥料利用率を上げるために作物の生長に合わせて、最適な時期に最適な養分量を提供することは大前提である。それに対応する総合的施肥技術は肥料形態、施肥時期、施肥位置、施肥量の相互関係によって構成される。肥料種類とその形態が肥料成分の溶解・放出速度を強く影響しているため、肥料成分の溶解・放出速度を通して作物への養分供給を調節する技術の活用もその一環である。

硫安、尿素、りん安など速効性肥料が一旦農地に施用されると、肥料成分が素早く溶解し、土壤溶液中の養分濃度が急速に高まる。従って、肥効が比較的短期間に終了し、作物に吸収利用されない養分は大気への揮散と脱窒、地下水への溶脱、農地表面からの流亡、土壤への固定などが起こり、肥料の利用率が低くなるだけではなく、土壤劣化と環境悪化などの問題を引き起こす。加里肥料に比べ窒素肥料とりん酸肥料の利用率が特に低い。

この問題を解決するため、1955年ドイツ BASF 社がウレアホルム (UF) の生産販売を始めたことを皮切りにメチロール尿素、アセトアルデヒド縮合尿素 (CDU)、イソブチルアルデヒド縮合尿素 (IB)、グリオキサール縮合尿素など窒素系の化学的緩効性肥料が次々と応用された。これらの緩効性肥料は水溶性が非常に低く、土壤微生物の分解などを受けて窒素養分をゆっくり放出する。従って、肥料成分の放出速度が土壤微生物の活性や土壤温度に依存している。水溶性が非常に低いため、施用後土壤溶液中の養分濃度が急速に高まることなく、接触施肥に伴う肥料焼けが起きにくい。また、大気への揮散と脱窒、地下水への溶脱、農地表面からの流亡も起きにくく、肥料利用率が高くなるわけである。

一方、1980年代開発された樹脂系被覆肥料は物理的緩効性肥料で、その溶出速度や溶出パターンが精密的に制御されることが可能となる。特にポリオレフィン系樹脂被覆肥料は、成分の溶出が土壤の種類、水分含量、pH、土壤酸化還元電位 (Eh)、微生物活性などの要因にほとんど影響されず、土壤温度だけに依存する特性を有する。従って、肥料成分溶出の温度依存性は植物の生理活性のそれとほぼ一致しているため、接触施肥が可能となり、肥料利用率を大幅に高めることができる。

化学的緩効性肥料や樹脂被覆肥料はその肥料成分の放出（溶出）速度が調節できるため、肥効調節型肥料とも呼ばれる。肥効調節型肥料の肥料利用率が高い理由として、接触施肥ができ、肥料成分は作物が養分を必要とする時期に合わせて溶出され、養分の溶脱や流亡、

土壌との固定反応などによる損失を回避できることが挙げられている。図1は速効性肥料、化学的緩効性肥料、樹脂被覆肥料の養分溶解・放出模式図である。

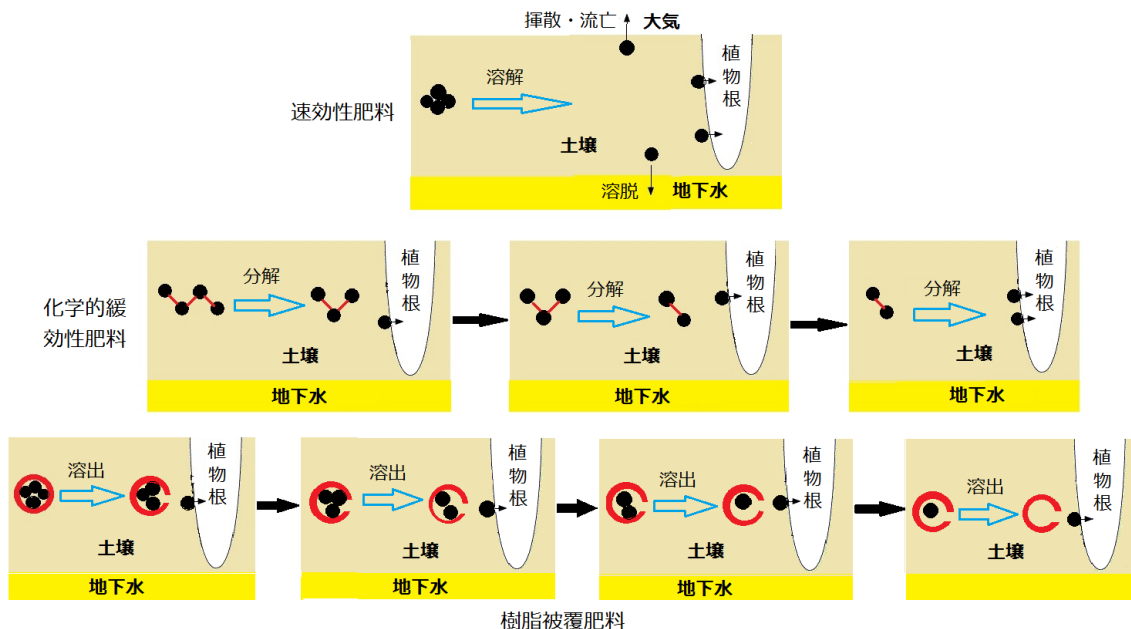


図1. 速効性肥料、化学的緩効性肥料、樹脂被覆肥料の養分溶解・放出模式図

樹脂被覆肥料の出現により、水稻の全量基肥施肥、育苗箱全量施肥、畑作の全量基肥施肥、不耕起の基肥全量施肥などが実現された。東北地方の水稻への基肥窒素の利用率は通常 30%であるのに対し、ポリオレフィン系樹脂被覆尿素を全面散播した場合には約 60% となり、基肥として必要な窒素肥料の全てがポリオレフィン系樹脂被覆尿素を使った育苗箱全量施肥の場合には肥料利用率が 79% にまで高まるとの報告もある。

また、ウレアホルム (UF) など化学的緩効性肥料を使うペースト状肥料の水稻側条施肥についても、肥料利用率が高く、慣行施肥より 20%以上の減肥が可能であると報告されている。

主な肥効調節型肥料の種類と特徴は表1に示す。

尿素などの窒素肥料にウレアーゼ抑制材と硝化抑制材を添加したいわゆる生物的安定性肥料は、土壌微生物の活動を抑え、尿素のアンモニア化成、アンモニアの硝化や硝酸性窒素の脱窒を抑制する効果がある。しかし、その効果は肥料の溶解速度に影響を及ぼさず、肥料成分の流亡や溶脱、濃度障害 (肥料焼け) を防げないため、肥効調節型肥料のような顕著な減肥効果がほとんど見られない。

また、熔りん、けい酸加里のようなく溶性肥料は、水に溶けないため、流亡などがほとんどないが、作物根から出した根酸などの酸と接触しない限り、溶解せず吸収利用できない。従って、上述のような肥効調節型肥料の範疇に入らず、汎用の普通肥料に属する。

表 1. 主な肥効調節型肥料の種類と特徴

種類	肥料名称	特徴
化学的緩効性窒素肥料	ウレアホルム (UF)	土壌微生物による分解を受けて次第に加水分解し、分解速度は酸性土壌ほど速い。5M6U 以上の重合度の高いウレアホルムがほとんど分解されない。生産コストが安いので、化学的緩効性窒素肥料の中に最大のシェアを占める。
	イソブチルアルデヒド縮合尿素 (IB)	水溶性が非常に低く、加水分解には微生物の働きが必要なく、水に溶解した分だけ加水分解する。粒子の大きさによって溶解と分解速度を調節できる。
	アセトアルデヒド縮合尿素 (CDU)	土壌微生物による加水分解して、分解速度は土壌微生物の活性と土壌温度と関係する。分解で放出されたエネルギーは土壌微生物のエネルギー源となり、土壌微生物群や土壌物理性の改善が期待できる。
	グリオキサール縮合尿素 (GU)	土壌微生物による加水分解し、分解速度は土壌温度、水分および微生物活性などの条件により左右される。原料コストが高く、ほとんど普及されていない。
	メチロール尿素	水に於ける溶解度が高いが、土壌への吸着力が強く、流失しにくい。施用後、土壌微生物により加水分解する。窒素含有量が低く、安定性が欠き、液体カスラリーの形が多く、用途は化成肥料の造粒工程に添加することに限られる。
被覆肥料	硫黄被覆肥料 (SC)	硫黄を被覆材料とする。土壌微生物によりワックスのシール層が徐々に分解され、水分が硫黄被覆層の亀裂から内部に滲入し、肥料成分が亀裂から溶出する。肥料成分の溶出パターンはリニア溶出型だけである。肥料成分の溶出速度はシール層の分解速度と亀裂から水の滲入量により制御される。畑作物には向いているが、水稻に不適。
	熱可塑性樹脂被覆肥料	ポリオレフィン系樹脂を被膜材料とする。被膜の溶出調節材が水の浸漬により溶解または膨潤、崩壊して、被膜にピンホールを形成し、肥料成分が溶出する。肥料成分の溶出パターンはリニア型とシグモイド型がある。肥料成分溶出後の殻が問題となる。
	熱硬化性樹脂被覆肥料	ポリウレタン樹脂、アルキド樹脂を被膜材料とする。被膜が水分や湿度、紫外線の影響を受け、自然劣化して、亀裂を発生する。また、樹脂にタルク、クレイ等の無機鉱物または金属石鹸を溶出調節材として添加し、水による溶出調節材の溶解または膨潤、崩壊でピンホールを形成することもできる。肥料成分の溶出パターンはリニア型とシグモイド型がある。樹脂被膜の劣化または溶出調節材の溶解、膨潤、崩壊、肥料成分の溶出には水分が必要であるため、主に水田に施用される。肥料成分溶出後の殻が次第に劣化崩壊するため、問題にならない。

有機質肥料は動物や植物の残骸や排泄物から作られる肥料である。施用後、速効性化学肥料のようにすぐには効かず、土壌微生物に分解されながら徐々に養分を放出する。また、有機質肥料には多くの微量元素が含まれているので、作物の品質向上に役立つほか、土壌微生物の繁殖をも促進する。しかし、有機質肥料の成分と分解速度が不明の場合が多く、作物の生育に合わせて肥料成分の放出量と速度を調節することが難しい。特に畜産の排泄物に多量の抗生物質やホルモン類、都市ゴミに過剰の塩分や重金属が含まれて、適切な製造管理が欠ける場合は、肥料としての品質を保証しにくい。一方、有機質が微生物などのエサとなり、虫や雑菌が繁殖しやすい。特に未熟堆肥の場合は、炭素成分の分解が完全ではないため、施用後土壌中に窒素飢餓を及ぼす恐れがある。また、土壌中で有機物の分解により発生した有機酸や酸素欠乏で作物根などに悪影響を与える恐れもあり、接触施肥に向いていない。従って、有機質肥料は化学的緩効性肥料と被覆肥料のような肥効調節型肥料と同じ役割が果たさない。

肥効調節型肥料は養分の溶出がゆっくり、肥料効果の発現が遅いため、施用には下記の事項に注意すべきである。

- ① 肥効調節型肥料はその分解や溶出速度が土壌温度に強く影響されるため、地温に注意する。
- ② 速効性を期待する場合には、必要に応じて速効性の肥料を混用する。
- ③ 汎用の速効性肥料よりも値段が高い。但し、施肥量と施肥回数が減らされるので、施肥コストがほとんど変わらない。
- ④ 肥料成分溶出速度の設定が何種類かあるため、速効性が必要な場合ほど溶出速度が短期間のタイプを用いる。

肥効調節型肥料は汎用の速効性肥料に比べ、肥効期間が長く維持され、窒素肥料の減肥率が10～30%もあり、土壌や環境への影響が小さいことは多くの研究結果により判明された。すなわち、言い換えれば、肥効調節型肥料を使う場合は肥料利用率が10～30%も高くなることが可能である。農林水産省も水稻と露地野菜の生産に肥効調節型肥料を使うことを推奨している。下記のHPを参考してください。

http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/kenyu_koutou/n_kento/pdf/2siryo1.pdf

http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/kenyu_koutou/n_kento/pdf/3siryo1.pdf