環境負荷低減のための徐放性肥料

足 立 浩 一

三菱化学 (株) ☎ 806-0004 北九州市八幡西区黒崎

1. 肥料と環境問題

農業において、施用された肥料はすべて植物に吸収・利用されるわけではなく、残りの肥料成分は環境に放出される。肥料成分として窒素、リン、カリウムがあるが、このうち主として窒素成分が問題となる。たとえば、水系への影響として、浸透水とともに地下水に移行したり、雨水など地表を流れる水とともに河川へ流出することにより富栄養化、硝酸濃度増加の原因になるといわれている。その他、土壌質の低下 (連作障害)、亜酸化窒素として大気揮散することによるオゾン層破壊などの環境影響が挙げられている。

2. 環境負荷低減のための徐放性 (緩効性) 肥料

肥料の環境負荷を低減する方法として、施肥量そのものを減らすほかに、作物生育に合わせて肥料成分が溶出する徐放性肥料 (緩効性肥料) を用いることにより肥料の利用効率を高める方法が進められている。緩効性肥料としては、尿素などの水溶性肥料を水に溶けにくい化合物にしたものや、最近は成分の溶出速度を広範にコントロールできる被覆肥料の利用が高まっている。我々は、特に被覆尿素的の開発・販売に力を入れている。

Fig. 1 Illustration of Coated Fertilizer

3. 被覆肥料とは

直径2～4mmの造粒肥料粒子の表面に厚さ100 μm程度の被膜をコーティングして肥料成分の溶出速度をコントロールしたものを被覆肥料と称している (Fig. 1)。被覆肥料は、環境保全に役立つと同時に、水稻などでの追肥が省略できるため農作業の省力化に大きな利用価値がある。窒素肥料である尿素粒子を被覆した被覆尿素的の溶出パターンを Fig. 2, 3 (三菱化学 被覆尿素的「エムコート」パンフレットから) に示すが、溶出速度の制御範囲が広く、一定の潜伏期間をもつシグモイド型が調整可能であるなどの特長を有している。被膜材料は、主成分として硫黄、ポリオレフィン系樹脂、塩化ビニリデン、アルキッド樹脂などが用いられている。このような被覆肥料を利用することで全体の施肥量を10～30%減らせるといわれている。現在の国内での生産量は約6万トンと推定され、国内肥料 (高度化成) の4～5%程度を占めていると思われる。対象作物は主として水稻で、その他野菜、茶などに適用されている。

Controlled release fertilizer for decreasing environmental pollution

K. Adachi (Technology Development Center, Mitsubishi Chemical Corporation
Kurosaki Plant, Kurosaki, Yahatanishi-ku, Kitakyushu 806-0004, Japan)

Fig. 2 N release from linear types of coated urea "EM-Cote" in water at 25 °C

Fig. 3 N release from sigmoide types of coated urea "EM-Cote" in water at 25 °C

4. 溶出速度の解析

被覆肥料の一般的な溶出特性として高温ほど溶出速度が速くなる（温度依存性が大きい）ことが挙げられる。このため施肥にあたって、その地域の平均地温の推移データをもとに実際の土壌中での溶出パターンをシミュレーションして、適切なパターンを持つ銘柄を選定する。この時の溶出曲線の近似式として一般に指数関数が用いられているが、従来、この理論的背景は明確ではなかった。このため我々は、Fickの拡散式を適用して被覆尿素的溶出速度の解析を試みた。これによると、被膜内尿素的の減少速度は、①式の形式で表される。ここで、尿素的濃度 C は、被膜内部に固素尿素と飽和尿素水が共存して無変化の期間（期間1：速度は一定）と、固素尿素が消失して変化する期間

Fig. 4 Correlation of the release-rate constants k_1 vs k_2

（期間2：速度は尿素的濃度に1次比例）に分けられる。このため、溶出パターンは、期間を分けて式①を積分した速度式②、③で表現されることになる。

$$v = -dC/dt = -pC \cdots \textcircled{1}$$

期間1： $R = 1 - ak_1t$ ②（固素尿素有り）

期間2： $R = 1 - b \exp(-k_2t)$... ③（固素尿素なし）

v ：被膜内尿素的減少速度，

C ：被膜内尿素的濃度， p ：比例定数，

t ：時間， R ：尿素的溶出率，

k_1, k_2 ：期間1, 2の速度定数

a, b ：定数

この考え方を検証する目的で、それぞれ異なる47種の溶出パターン実測値に式②、③を適用したところ相関係数0.995以上で実測値が整理でき、妥当性が確認された。また、実測値から得られた速度定数は、アーレニウス型の温度依存性を示すことがわかった。ただし、理論的には速度定数 k_1, k_2 は一致するはずであるが、実際にはFig. 4に示すとおり必ずしも一致せず、今後の検討課題である。

5. 今後の技術動向

機能的には、溶出速度の温度依存性低減、土壌中への被膜殻残存の解消などが課題として挙げられ、商品としては低価格化が求められる。