

土壤中の有機態窒素の無機化と 緩効性窒素の活用法

北海道農業試験場畑作部
作付体系第一研究室主任研究員

金野隆光

昭和39年以降、北海道農業試験場畑作部では、主要畑作物に対する緩効性窒素肥料(CDU)の肥効特性並びに、その施用法について検討してきた。その概要について述べる。

CDU-Nの無機化パターンの推定法

含窒有機物が土壤中に施用された際に、いつ頃、どのくらいの量が無機化してくるかを知ることは、含窒有機物の作物に対する肥効を考える上で、最も重要なことである。

一番良い方法は、15Nでラベルした含窒有機物を施用して、その無機化を測定するか、または、作物がどのくらい吸収するかを測定することである。しかしその方法は、材料を作るのに、あるいは分析に多大の費用がかかる。そこで、培養実験と地温測定値から推定できないか……という発想で、CDUについて検討し、ほぼ妥当な方法を考案した。

CDUで得られた方法が、各種の含窒有機物(堆肥、緑肥等)の無機化に、適用できるか否かについては、今後の検討にゆだねられているが、筆者はかなり有望であろうと考えている。そこで以下の文章は、やや一般論的に記述する。

まず、含窒有機物中のNが、どのような反応式に従って無機化するか、その函数型を見出すことが第1段階である。

石橋等や尾和等は緩衝液中で、また尾和等は水田土壤中、CDUの分解が1次反応の速度式に従って分解することを見出した。

その後、筆者等は、畑土壌でのCDUの無機化はMichaelis-Menten式に従うことを見出した。この式は、酵素反応の基本的な速度式であり、CDUの添加量が少ない時は一次反応式で近似できるので、過去の知見と矛盾しない。またこの式が適用できることは、CDUにおいて微生物分解が律速反応である……と、推定する根拠の1つとなる。

図1はCDUの無機化が、Michaelis-Menten式に従うことを証明するグラフである。CDU添加量Sの逆数と初速度での逆数をプロットすると直接的関係があり、表1の理論式(2)式が適用できることがわかる。

次に、無機化速度と温度との関係式を、定量的に求めるのが第2段階である。表1の理論式(3)のアレニウスの

図1 Lineweaver-Burk plot

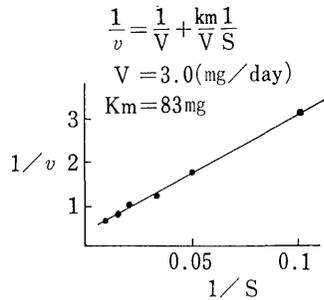


表1 理論式

①一次反応式 $N = N_0(1 - e^{-kt}) \dots\dots(1)$ $\ln\left(\frac{N_0}{N_0 - N}\right) = kt \dots\dots(1)$	N: N無機化量 N ₀ : 可分解性N量 k: 速度定数 t: 時間(日)
②Michaelis-Menten式 $v = \frac{Vs}{K_m + s} \dots\dots(2)$ $\frac{1}{v} = \frac{1}{V} + \frac{K_m}{V} \frac{1}{s} \dots\dots(2)$	E _a : 見かけの活性化エネルギー v: 初速度 V: 最大速度 K _m : ミカエリス定数 s: CDU添加量
③アレニウスの式 $k = Ae^{-E_a/RT} \dots\dots(3)$ $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \dots\dots(3)$	A: 定数 R: 気体定数 T: 絶対温度

式が、あてはまるか否かを検討して、活性化エネルギーを求める。CDUの緩衝液中の分解については21,000~21,900カロリーが得られている(石橋等, 尾和等)。畑土壌については24,000カロリーを得た(斉藤等)。

さて、CDU-Nの無機化の反応式が見つかり、温度との関係が定量的に数式化されたので、これらの式と地温の測定値とを用いて、無機化パターンを作成する。図2は、十勝の地温データを用いて推定した、無機化パターンである。

昭和46年は低温年、昭和48年は高温年であり、5月1日施肥と6月1日施肥の場合の曲線である。5割以上無期化される時期は、7月中~下旬であることがわかる。

推定無機化パターンが、妥当か否を検討する。てん菜ととうもろこしを用い、共通肥料としてリン酸とカリを与え、速効性N肥料で栽培した場合、CDU-Nのみ

図2 CDU無機化パターン

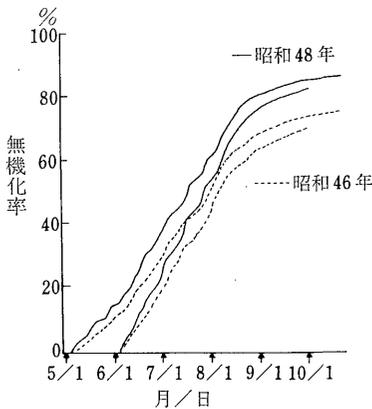
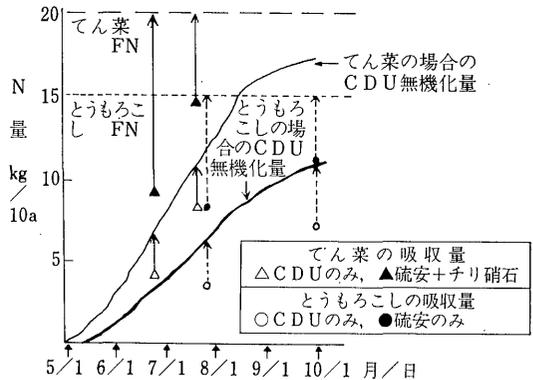


図3 作物によるCDU-N吸収量



注 FN：施肥窒素

表2 CDU-Nの作物による利用率

作物	時 期	施肥N利用率		CDUの推定無機化量に対する利用率
		速効性N	CDU-N	
てん菜	6月27日	39%	20%	64%
	7月19日	73	42	72
とうもろこし	7月25日	45	21	58
	10月1日	78	43	59

で栽培した場合のN利用率を比較した(図3, 表2)。

てん菜の場合はN20kg/10a施用し、速効性Nの利用率は6月27日39%、7月19日73%に対し、CDU-Nの利用率は、それぞれ推定無機化量に対して64、72%であった。

とうもろこしはN15kg/10a施用し、速効性Nの利用率は7月25日45%、10月1日78%に対し、CDU-Nの利用率は、それぞれ推定無機化量に対して58、59%であった。

このように、ほぼ妥当な推定法であると考えが、微生物分解の速度は、土壌水分の影響を強く受けるので、圃場の土壌水分の測定値を、数式の中に取り入れれば、更に良い推定法になるであろう。

CDU-N無機化パターンの推定法は、各種含窒有機物の無機化についても応用の可能性があるので、解析手順を要約して記す。

含窒有機物のN無機化の解析手順

- ① 一定温度で、土壌への添加量を変えて、N無機化量を経時的に測定する。
- ② そのデータから初速度を求めて、表1の理論式(2)式(Michaelis-Menten式)に従うか否かを調べる。
- ③ 理論式に従うことが確かめられたら、Vおよびkmを求める。
- ④ 少量添加条件で、温度を変えてN無機化量を経時的に測定し、表1の(1)式を用いて各温度の速度定数kを求める。
- ⑤ 表1の(3)式を用いてkとTとが、アレニウスの式に従うか否かを調べてから、活性化エネルギーEaを求める。
- ⑥ V, km, Ea, kの値は、N無機化に関する土壌固有の性質を反映している。ただし、kmの土壌学的意味づけは、今後の研究にゆだねられている。

CDUの肥効の特性と活用法

CDU-Nは図2に示したように、十勝地方では7月中～下旬に約5割が無機化するの、CDUの効果は作物に表われるのは、7月下旬頃からである。他方、基肥の速効性N肥料は、7月下旬頃までには作物に利用されてしまうので、速効性N肥料とCDU-Nとの肥効とは、時期が異なり、意味も異なる。

CDUを施用する際に、考慮しなければならない第1のことは、CDU-Nを施用したからといって、基肥Nの施用量を減らさないことである。CDU-Nの効果も期待するには、Nの標準施用量を減らさないでCDU-Nを上積みして施用することである。

第2に留意することは、CDUの肥効が表われるのは7月下旬頃からであるから、生育期間の短い作物(菜豆や早稲いばれいしょ)では、CDUの効果はあまり期待できず、生育期間の長い作物(小豆やてん菜等)で効果が期待できる。

第3に、土壌Nの無機化が、微生物の働きで分解する時期は、CDUが無機化する時期にほぼ一致していると予想されるので、地力Nの高い土壌ではCDUの効果は低く、地力Nの低い土壌でCDUの効果が高いと考えられる。

第4に、豆類に対するCDUの肥効であるが、生育期間が長く、根粒固定N依存度が比較的低い小豆については、地力Nの低い土壌で、CDUの肥効が期待される。ただし、CDU施用は根粒活性を低下させるが、速効性N肥料の施用ほど大きな低下とはならない。