

施肥由来有機態窒素の再無機化量の求め方と「プライミング効果」

山室成一 (九州農業試験場)

Sigekazu YAMAMURO : A Proposal of Model Formula on Determination of Mineralization from Organic Nitrogen Derived from Fertilizer and Effect of Fertilizer-N Application on Mineralization from Organic Soil Nitrogen

1. 施肥由来有機態窒素の再無機化量の求め方のモデル式

ある短期間T(これは $t_0, t_1, \dots, t_1, \dots, t_n$ 時から成り立ち、1週間以内である)における土壌有機態窒素からの無機化量定量モデル式の基本型は次の微分方程式から導びかれる。微小時間の無機化窒素を m とすると、

$$\frac{dN}{dt} = m - kN, \left(\frac{d^{15}N}{dt} = -k^{15}N, \frac{d^{14}N}{dt} = m - k^{14}N \right) \dots (1)$$

$$R = {}^{15}N / ({}^{14}N + {}^{15}N) \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $N = ({}^{14}N + {}^{15}N)$, ${}^{14}N$, ${}^{15}N$ は t 時の現存 NH_4-N , 現存 $NH_4-{}^{14}N$ (naturalの ${}^{15}N$ を含む), 現存トレーサー $NH_4-{}^{15}N$ 量である。(2)式を微分して(1)式を代入すれば、

$$\frac{dR}{dt} = \frac{\partial R}{\partial {}^{15}N} \left(\frac{d^{15}N}{dt} \right) + \frac{\partial R}{\partial {}^{14}N} \left(\frac{d^{14}N}{dt} \right) = \frac{{}^{14}N}{({}^{14}N + {}^{15}N)^2} (-k^{15}N)$$

$$+ \frac{-{}^{15}N}{({}^{14}N + {}^{15}N)^2} (m - k^{14}N) = -\frac{mR}{N}, \quad \frac{dR}{R} = -\left(\frac{m}{N} \right) dt =$$

$$-\left(\frac{m}{N} \right) \frac{dN}{(m - kN)} = -\left(\frac{1}{N} + \frac{k}{m - kN} \right) dN \therefore \int_{R_0}^{R_n} \frac{dR}{R} =$$

$$-\int_{N_0}^{N_n} \frac{dN}{N} - \int_{N_0}^{N_n} \frac{k dN}{m - kN}$$

$$\ln \left(\frac{R_n}{R_0} \right) = \ln \left(\frac{N_0}{N_n} \right) + \ln \left(\frac{m - kN_n}{m - kN_0} \right) = \ln \left\{ \left(\frac{N_0}{N_n} \right) \left(\frac{m - kN_n}{m - kN_0} \right) \right\}$$

一方、 $\ln(R_n/R_0) = \ln\{(N_0/N_n)({}^{15}N_n/{}^{15}N_0)\}$, よって、 $({}^{15}N_n/{}^{15}N_0) = (m - kN_n)/(m - kN_0)$, また $k = \ln({}^{15}N_0/{}^{15}N_n)/(t_n - t_0)$ であるから、ある短期間Tにおける無機化窒素Mは、

$$M = m(t_n - t_0) = \frac{(N_n - ({}^{15}N_n/{}^{15}N_0) \cdot N_0) \ln({}^{15}N_0/{}^{15}N_n)}{1 - ({}^{15}N_n/{}^{15}N_0)} \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 N_0 , ${}^{15}N_0$, R_0 及び N_n , ${}^{15}N_n$, R_n は t_0 及び t_n 時の現存 NH_4-N (施肥N及びトレーサー ${}^{15}N$ を含む。これらを含めなくてもMは同じ), トレーサー $NH_4-{}^{15}N$, ${}^{15}N$ 濃度(atom % excess)である。ここで、現存 NH_4-N 及び無機化窒素を土壌有機態窒素由来、施肥窒素由来等に分けて、それぞれの推移について検討すれば明らかなように、施用有機態窒素からの無機化量定量モデル式の基本型は(3)式と同型で示される。T期間における施肥 NH_4-N 由来再無機化窒素 M_f 及び土壌由来無機化窒素 M_s は無機化窒素全量Mを $M(N_0, N_n)$ と表示すると、 $M_f = M(N_{f0},$

$N_{fn})$, $M_s = M(N_{s0}, N_{sn}) = M(N_0 - N_{f0}, N_n - N_{fn})$ で示される。ただし、 N_{f0} , N_{s0} 及び N_{fn} , N_{sn} は t_0 時及び t_n 時における現存施肥由来 NH_4-N , 現存土壌由来 NH_4-N である。これらの無機化窒素定量のためには施肥由来と土壌由来 NH_4-N を分けるための施肥 $NH_4-{}^{15}N$ 区と無機化窒素の推移を追跡するトレーサー $NH_4-{}^{15}N$ 区を別々に作る必要がある。

2. 現存 NH_4-N の推移と土壌及び施肥由来無機化窒素

基肥16gN区及び基肥4gN+追肥4gN区における現存 NH_4-N の推移と無機化窒素の出方は第1表のとおりである。これより明らかなように、土壌由来現存 NH_4-N の推移は施肥窒素多量施用区で多い。また、無機化窒素全量も多量施用区で多い。しかし、土壌由来及び施肥由来無機化窒素についてみると、土壌由来無機化窒素は両区同じような推移であったが、施肥由来無機化窒素は多量施用区で多かった。

施肥窒素の多量施用によるプライミング効果はこれまで土壌由来現存 NH_4-N が多量施用区で多いことから土壌窒素が多く無機化してきたと解釈し、プライミング効果ありとしてきた。しかし、真のプライミング効果の有無は土壌由来無機化窒素の大小から比較検討される必要があると考えられる。この観点から、プライミング効果は確認できなかった。施肥窒素の多量施用による土壌窒素の減耗という考え方は否定されよう。

第1表 現存 NH_4-N の推移と無機化窒素 (Ng/m²)

区名	期間T(月/日)	6/11~6/18	6/18~6/25	6/25~7/2	7/2~7/9	7/9~7/16
基肥16gN区	$N_0 \sim N_n$	16.9~14.9	14.9~10.4	10.4~6.65	6.65~3.33	3.33~1.80
	$N_{f0} \sim N_{fn}$	16.0~13.0	13.0~8.38	8.38~4.80	4.80~2.00	2.00~0.87
	$N_{s0} \sim N_{sn}$	0.93~1.91	1.91~2.04	2.04~1.85	1.85~1.33	1.33~0.93
	${}^{15}N_0/{}^{15}N_n$	0.813	0.630	0.447	0.258	0.190
	M	1.27	1.28	2.90	2.95	2.39
	M_f	0	0.24	1.53	1.39	1.00
基肥4gN+追肥4gN区	$N_0 \sim N_n$	4.93~3.91	3.91~2.53	2.53~1.24	5.24~1.98	1.98~0.55
	$N_{f0} \sim N_{fn}$	4.00~2.41	2.41~1.19	1.19~0.43	4.43~1.00	1.00~0.18
	$N_{s0} \sim N_{sn}$	0.93~1.50	1.50~1.34	1.34~0.82	0.82~0.98	0.98~0.49
	${}^{15}N_0/{}^{15}N_n$	0.603	0.465	0.218	0.194	0.020
	M	1.19	1.02	1.34	1.96	2.04
	M_f	0	0.10	0.33	0.28	0.64
M_s	1.19	0.92	1.01	1.68	1.40	

注)・施肥時に施肥 $NH_4-{}^{15}N$ (10.3atom% ${}^{15}N$)を加え、 $NH_4-{}^{15}N$ の推移を求める。・・トレーサー $NH_4-{}^{15}N$ (95.7atom% ${}^{15}N$)を各期間のスタート時に加え、その残存量を求める。