

周辺水環境への低負荷ふん尿灌漑法をめざして - III. 窒素動態 -
Sustainable Cattle Manure Application to Maintain the Surrounding Water
Environments
- III. Nitrogen Dynamics -

○登尾浩助・颯田尚哉・古賀潔・馬場秀和・向井田善朗
○K. Noborio, N. Satta, K. Koga, H. Baba, and Y. Mukaida

はじめに

我が国における1年間に発生する家畜のふん尿排泄量は9,500万トンに達しており、家畜ふん尿を有効に利用できれば、化学肥料の使用を少なくすることが可能となり、営農上からも地球温暖化防止の点からも非常に有効なふん尿処理法である。しかし、圃場への過剰なふん尿の還元は地下水や地表水の汚染源となりうるので、周辺水環境への負荷が最小限となるような適切なふん尿灌漑管理を行う必要がある。本研究では、地表流出水・土壌水・地下水の移動と水質を継続的にモニターし、圃場における窒素動態の把握を試みた。

調査方法

調査は、岩手県盛岡市近郊の傾斜地(斜度約5.5度)でふん尿還元を行っている約2haのリードカナリーグラス畑において行った。この畑は、約20~30cm厚のクロボク表土が火山灰心土を覆っている。搾乳牛の尿(40~60t/回)を春先の雪解け後に1回と牧草刈り取り後に3回散布し、完熟たい肥(60~80t/回)を初冬の積雪前に1回散布している。

試験地南東端の低位部に水路、三角堰を設けて地表流去水を集め、堰の越流水深を5分毎に自動計測して地表流出量を決定した。圃場内に素掘り井戸(直径約70mm、深さ1.6-5.1m)を設け、地下水水質の変動を測定した。採取した水試料はろ過後、イオンクロマトグラフ法で硝酸態窒素濃度を、富栄養計による吸光光度法で亜硝酸態窒素・アンモニア態窒素を測定した。さらに、TDR法によって土壌水分量と電気伝導度の変化を15分間隔

で測定した。長さ20cmの3線式TDRプローブを試験地内に地表面から5~300cmの深さに地表面に対して平行に合計14本埋設した。TDR法による土壌の体積含水率 $\theta(\text{m}^3/\text{m}^3)$ は、Toppらの提案した較正式を使って決定し、土壌のバルク電気伝導度 $EC_b(\text{mS}/\text{m})$ は、Nadlerらの方法を元に決定した¹⁾。土壌溶液の電気伝導度 $EC_w(\text{mS}/\text{m})$ は、TDR法で測定した土壌の κ と EC_b から推定した²⁾：

$$EC_w = \kappa_w EC_b / (\kappa - \kappa_{EC_b=0}) \quad (1)$$

ここに、 κ_w は土壌溶液の誘電率(80)、 $\kappa_{EC_b=0}$ は $EC_b=0$ となるときの κ の値で、本調査では $\kappa=9$ と仮定した。さらに、 $EC_w(\text{mS}/\text{m})$ と土壌溶液中の NO_3 濃度 $C_{\text{NO}_3}(\text{mmol}/\text{L})$ とには、

$$C_{\text{NO}_3} = 0.082 EC_w f_T - 0.9753 \quad (2)$$

のような非常に有意な線形関係($r=0.93$, $\alpha<0.001$)が認められたことから、土壌溶液中の NO_3 濃度をTDR法によって推定した。 f_T は温度補正係数¹⁾である。

結果と考察

水収支:2001年の年総降水量は1,419mmで、2000年の1,752mmより333mm少ない値であった。2000年と2001年について測定した降水量と地表流出量、および「月平均気温法」を用いて推定した蒸発散量から、水収支法により地下浸透量を推定した(Fig. 1)。年総降水量の差異は、主に地下浸透量に反映した。概ね3日間無降雨の場合は、降雨強度が小さければ40~60mmで表面流出が発生し、

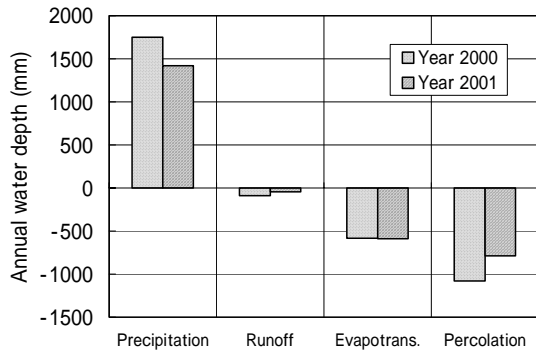


Fig. 1. Annual water budget measured in the field.

10mm/15min 以上の降雨強度であれば 20 ~ 30mm でも発生した。総じて 4 日間の総降水量が約 50mm 以上で地表流出が発生した。
窒素収支: 本調査地においては、尿、たい肥、化学肥料によって、年間 977 kg-N/2ha(約 1t) の窒素(N)が投入された。一方、圃場外への N の排出は、地表流出、地下浸透、牧草による窒素吸収・成長と牧草の収穫に伴うものを考慮した(Fig. 2)。アンモニアの揮散、脱窒反応によるガスの放出は考慮しなかった。

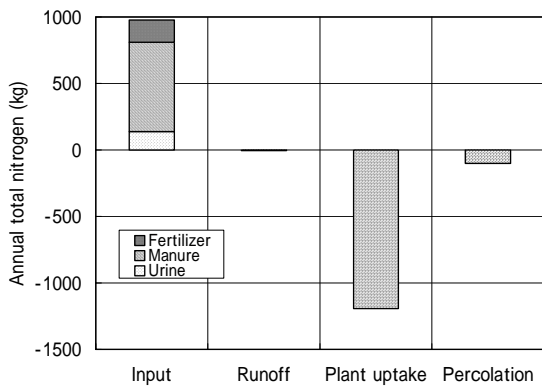


Fig. 2. Annual N budget measured in the field.

地表流出による年間 N 排出量は 5.6kg-N/2ha となり、総 N 排出量に占める地表流出経路の割合は非常に小さいことがわかった。土壌中の平均 NO₃ 濃度と地下浸透量から地下排出量は 101kg-N/2ha と算定されるので、地下浸透経路の割合も小さいといえる。牧草の収穫量と窒素濃度の積から、牧草による年間 N 排出量を 1193 kg-N/2ha と推定した。牧草収穫経路の割合は極めて大きいこと

が示唆された。

NO₃ 分布: 尿散布後における土壌中に含まれる総 NO₃ 量の分布が Fig. 3 に示される。2000 年 1 月 1 日からの累加日数(DOY) = 221 に尿散布が行われた。散布直後の降雨(DOY=225)によって尿の NO₃ 成分が土壌中に運ばれる様子が見られる。尿散布から 25 日後(DOY=246)には、土壌断面における総 NO₃ 量の分布が尿散布前と同じようになった。ま

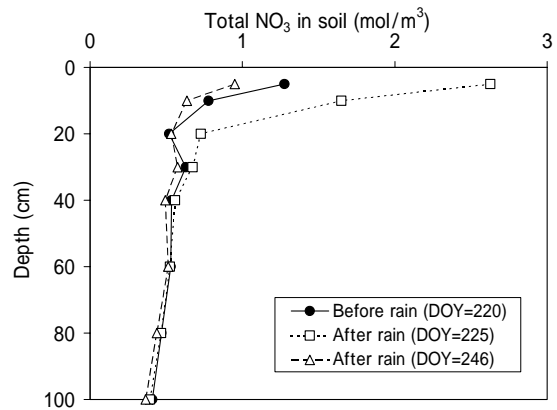


Fig. 3. Total NO₃ distribution in the soil profile.

た、総 NO₃ 量は主に地表面から 60cm までの土層で変化した。このことから、大孔隙を流れる選択流によって短時間の内に地下水面まで運ばれない限り、ふん尿散布による地下水への NO₃ 混入は非常に少ないと考えられる。

おわりに

調査地におけるふん尿還元による周辺水環境への影響はほとんど無いと考えられる。短期間の窒素流出による汚染対策を確立できれば、循環型環境保全農法が可能であろう。

[謝辞] 本研究の一部は、日本学術振興会科研費(基盤研究(B)11460109)、(財)畜産環境整備機構、(財)クリタ水・環境科学振興財団からの研究助成により行われた。また、落合博之、一方井康司、大坪彩子、北野正史、久慈聡、倉谷直樹、高橋学、二唐修一の各氏の協力を得た。深謝いたします。

[文献] 1) 登尾ら: コンピュータ制御による多点化 TDR システムの試作と応用. 農土論集 188:129-135 (1994); 2) Hilhorst, M.A.: A pore water conductivity sensor. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1922-1925 (2000)