

マサ土樹園地における表層土壌間隙水の無機態窒素の挙動

The behaviors of inorganic nitrogen of the pore water in top soil in the Masa's orchard

○ 遠藤 明*・内野 平**・中川 拓哉***

O Akira ENDO*, Taira UCHINO** and Takuya NAKAGAWA***

1. はじめに わが国の果樹園における施肥量は、全般的に減少傾向にあるが、果樹品目によっては未だに多量の施肥がなされており、環境保全の推進のためには、さらに減肥を行う必要がある(農林水産省, 2009)。しかし、施肥量と収穫量に基づく窒素成分の地表面収支量を考慮すると、農耕地の余剰窒素量は依然として大きく減少していない(Mishima et al., 2010)。著者は、前報において、黒ボク土農耕地における間隙水中の無機態窒素濃度を推定する数理モデルの開発について紹介した。本報では、当該数理モデルを、マサ土農耕地(地目: 樹園地)に適用し、農耕地における間隙水中の無機態窒素濃度と浸透流出量を検討したのでここに報告する。

2. 材料および方法

(1) 試料の物理性・化学性: 土壌試料(攪乱土と不攪乱土)は、(財)東洋食品研究所附属農場(兵庫県川西市)のイチジク栽培区(作土下土層は中粒質の砂礫台地)の深度 10, 30, 50, 70 および 90 cm から採取した(95 cm 以深は礫層)。土性は埴壤土(CL)ないし軽埴土(LiC)であり、土色は土壌表面から深度約 30 cm までが 7.5YR 3~4, 深度 30 cm 以深が 10YR 3~5 であった。乾燥密度は 1.50~1.75 Mg m⁻³ であり緻密といえる。飽和体積含水率は 0.33~0.44 m³ m⁻³ の範囲にあった。飽和透水係数は 8.67×10⁻⁶~1.31×10⁻⁴ cm s⁻¹ の範囲にあり透水性は小さい。pH(1:2.5 水抽出)とpH(1:2.5 1M KCl溶液抽出)は、それぞれ 5.2~6.0 と 3.9~5.3 の範囲にあり、イチジクが生育するのに最適なpH条件であった。当該農耕地土壌は、砂を多く含む風化花崗岩であるため、陽イオン交換容量(CEC)は 5~11 cmol kg⁻¹ とかなり低く、保肥力が小さい土壌であることが判った。交換性陽イオン(Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺およびK⁺の 4 種類)は、Ca²⁺が全体の 9 割以上を占めており、Mg²⁺, K⁺, Na⁺の順で多かった。

(2) 気象観測: 日降水量のデータを数理モデルに入力するため、試料を採取した樹園地の非植生区域に気象観測装置(Davis VantagePro2)を設置し、気温・相対湿度・風向風速・日降水量・全日射量・蒸発散量等を測定した。

(3) 無機態窒素の吸着等温線の取得: 現場土壌の無機態窒素の吸着特性を把握するため、Tani et

al.(2004)の方法を適用し、各深度における採取試料のNH₄-NとNO₃-Nの吸着実験を行った。NH₄-NについてはFreundlich型、NO₃-NについてはLangmuir型の吸着等温式を用いて、非線形カーブフィッティング法により、吸着等温線のパラメータを算出した。

(4) 無機態窒素濃度の算定方法: 有限要素法汎用ソルバーFlexPDE (PDE Solution Inc.)を用いて作成したEndo et al.(2009)の数理モデル(図 1)を用いて、イチジク栽培区土壌における間隙水中の無機態窒素濃度の挙動と、深度 50cmにおける無機態窒素の浸透流出量を算出した。計算空間次元は鉛直方向1次元、地表面~深度 50 cmを解析領域とした。はじめに、採土した土壌の物理性・化学性の諸パラメータを数理モデルに入力した。次に、気象観測により得られた日降水量のデータを数理モデルに入力した。次に、(i)作物の蒸発散を考慮した水分移動方程式、(ii)施肥窒素の形態変化(硝化および脱窒)・作物体の窒素吸収・地力窒素の発現・窒素の有機化・無機態窒素の土壌への吸着を考慮した、NH₄-N、NO₃-Nの移流分散方程式および(iii)液状水の移流を考慮した熱伝導方程式を用いて、2010年1月~12月におけるイチジク栽培区土壌の無機態窒素濃度と、深度 50 cmにおける硝酸態窒素の浸透流出量を算出した。

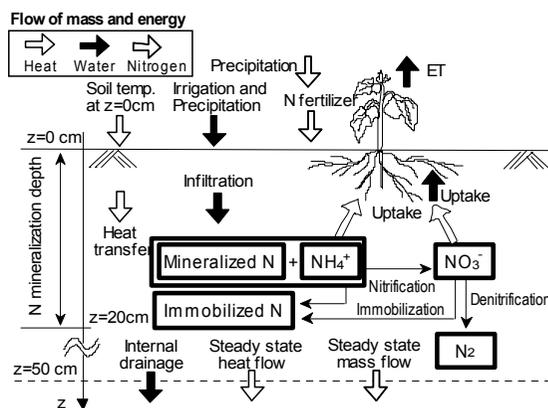


図 1 土壌間隙水中の無機態窒素濃度を推定する数理モデルの概要(黒塗矢印は水移動, 中抜矢印は窒素移動, 斜線矢印は熱輸送を表す(Endo et al.,2009))

*弘前大学農学生命科学部 **株式会社サンヨー堂 ***東確興業株式会社 Faculty of Agricultural & Life Science, Hirosaki University "SUNYO-DO CO.,LTD **TOKAN KOGYO CO.,LTD マサ土樹園地, 間隙水, 硝酸態窒素濃度

(5) 圃場の施肥条件: イチジク樹園地における施肥の実施状況は、2009年1月にイチジク配合肥料と堆肥(VSグリーン(N: 0.8%, P:0.7%, K:0.5%未満))を、それぞれ $40 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ と $900 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 、2010年1月に堆肥(VSグリーン) $900 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ である。

3. 実験結果および考察

(1) 無機態窒素の吸着等温線: 図2(A)と図2(B)に、それぞれ、アンモニウム態窒素と硝酸態窒素の吸着等温線を示す。50 mg L^{-1} 以下の低濃度領域における無機態窒素の吸着等温線の勾配は、土壤深部ほど大きい傾向にあった。深度 90 cmと95 cmの硝酸態窒素濃度 0.6 mg L^{-1} における吸着量は約 0.16 mg g^{-1} であったのに対し、土壤表層10cmでは 0.7 mg g^{-1} と土壤深部の約半分の吸着量であった。溶液平衡濃度が 0.3 mg L^{-1} における硝酸態窒素の吸着量は、同一溶液平衡濃度のアンモニウム態窒素の吸着量の約 $1/4$ 程度であることが判った。

(2) 樹園地中の無機態窒素濃度の挙動: 図3(A),(B),(C),(D),(E),(F)に、それぞれ、日蒸発散量、日降水量、作物根による無機態窒素の総吸収量、体積含水率の等値線、アンモニウム態窒素濃度の等値線、硝酸態窒素濃度の等値線を示す。土壤表面～深度 10 cmまでの飽和体積含水率は、約 $0.32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ 、深度 10 cm以深では約 $0.41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であった(薄茶色～薄水色の境界の体積含水率は約 $0.32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であり、深度 10 cm付近が極端に乾燥しているわけではない)。また、深度 30 cm以深の体積含水率の増減が確認されなかったため、深度 30 cm以深の顕著な水移動は無いと考えられる(図3(D))。土壤表面付近のアンモニウム態窒素濃度は、深度 10cm程度までの下方移動が確認されたものの、施肥直後から急激に増加し、時間の経過とともに濃度が低下する傾向にあった(図3(E))。作物根が養分を最も吸収する夏季 7月～8月において、土壤表面～深度 10 cm付近のアンモニウム態窒素を吸収した結果、9月以降の土壤表層のアンモニウム態窒素濃度は、ほぼゼロにまで減少した。一方、硝酸態窒素は、梅雨時季～夏季の6月～7月にかけて吸収していたことがわかった。作物根による無機態窒素の1年間の総吸収量は約 135 kg N ha^{-1} であり、この数値は平均的なイチジク成木が吸収する窒素量に匹敵する(図3(C))。施肥後の表層土壌中の硝酸態窒素濃度は、硝酸化成作用を受け、2月下旬まで増加する傾向にあった。その後、降水により、間隙水の無機態窒素濃度が低下し、8月中には深度 15 cm付近まで降下浸透した。また、イチジク成木の根圏以深(15cm以深)では、年間を通じて間隙水硝酸態窒素

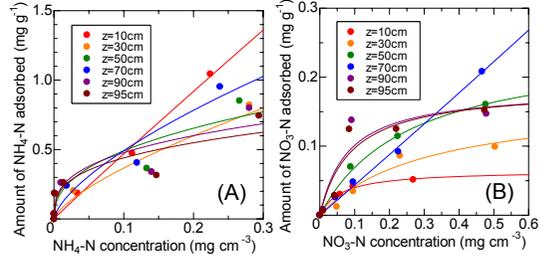


図2 無機態窒素の吸着等温線(A:アンモニウム態窒素, B:硝酸態窒素)、横軸と縦軸は、それぞれ平衡濃度と吸着量を表す

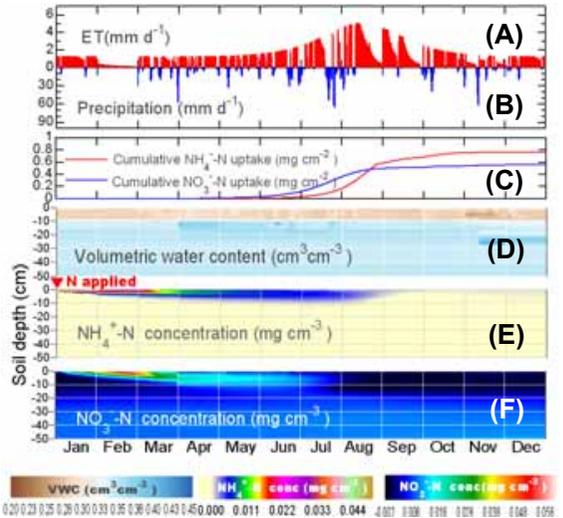


図3 樹園地中の無機態窒素の挙動(A:日蒸発散量, B:日降水量, C:無機態窒素の総吸収量, D:体積含水率, E:アンモニウム態窒素濃度, F:硝酸態窒素濃度) ▼: 施肥タイミング

素濃度が 10 mg L^{-1} 程度と高く推移していた。4月～7月中旬にかけて、根圏最下面(深度 15cm)を挟んで上下層の硝酸態窒素濃度が連続していたことから、この期間に浸透流出する硝酸態窒素が、深度 15 cm以深への無機態窒素のソースになることが明らかになった(図3(F))。

謝辞: 本研究は平成 22 年度科学研究費補助金若手研究(B)(課題番号:22780224)の助成を受け実施した。ここに感謝の意を表す。

引用文献

農林水産省(2009): 果樹生産における施肥の現状と課題、施肥高騰に対応した施肥改善等に関する検討会(第3回 平成 21 年 5 月 25 日)、資料 3。
S.Mishima, A.Endo and K.Kohyama (2010): Nitrogen and phosphate balance on crop production in Japan on national and prefectural scale, Nutr. Cycl. Agroecosyst 00(0) 00-00.
M.Tani, T.Okuten, M.Koike, K.Kuramochi and R.Kondo(2004): Nitrate adsorption in some andisols developed under different moisture condition. Soil Sci. Plant Nutr. 50 439-446
A.Endo, S.Mishima and K.Kohyama(2009):Modeling nitrate leaching on a cropped Andosol, Nutr. Cycl. Agroecosyst, 85(1) 41-61.