

無施肥条件における灰色低地土リンゴ園における無機態窒素の浸透流出挙動

Leaching behavior of the inorganic nitrogen under non-fertilizer condition in Apple orchard on the Gray lowland soil

○遠藤 明*・森 龍太郎**
Akira ENDO* and Ryutaro MORI**

1. はじめに 農畜産活動に起因する数々の水質汚染の事例はこれまで多数報告されるようになり、農業は今や生産活動だけではなく環境破壊の一因の側面を持つに至った。わが国の農地への施肥量は全般的に減少傾向にあるものの、果樹品目によっては未だに多量の施肥がなされている(農林水産省, 2009)。青森県のリンゴ生産においては、融雪時季における肥料成分の流亡や春以降の肥料成分の吸収効率の観点から春施肥を推奨している。しかし、消雪時季に花芽や新梢が生育し始めるにあたり、春施肥しか実施しないことに対して生産者や研究者から疑問が呈されている。本報では、この疑問を解決へと導くために、青森県津軽地域の無施肥リンゴ園土壌中における無機態窒素の時空間的な動態を明らかにした。

2. 材料および方法

(1) 試料採取および土壌物理性

2012年7月27日に弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場(青森県藤崎町)のリンゴ園において、土壌断面を観察した後、深度10, 30, 50, 70, 90および100cmの6深度から不攪乱土と攪乱土を採取した。不攪乱土を用いて、基本的な土壌理化学性の測定、JIS法による飽和透水試験の測定および加圧板法による保水性試験を行った後、測定により得られた体積含水率と水分張力の関係を van Genuchten(1980)式に非線形曲線適合を行うことで曲線パラメータを同定し、不飽和透水係数と体積含水率の関係を把握した。また、各深度の土壌熱物性と体積含水率との関係を把握するために双極子熱線パルス(DPHP)法により体積比熱と温度拡散率を測定し、熱物性と体積含水率の関係を把握した。

(2) $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸着特性の把握

各深度から採取した攪乱土を用いて、Tani et al.(2004)の方法を用い無機態窒素の吸着実験を行った。 NH_4 と NO_3 はそれぞれケルダール蒸留法とイオンクロマトグラフ法により測定した。

(3) 土壌間隙水中の硝酸態窒素濃度の計算

2011年と2012年の2年間における当該リンゴ園土壌中の無機態窒素濃度の挙動を把握するため、Endo et al.(2013)の数値モデルを用いて数値計算を行った。土壌表面の植生や土壌タイプを考慮し、マメ科植物による1年間の窒素固定量を $100(\text{kg ha}^{-1})$ 、地力窒素発現量を $56(\text{kg ha}^{-1})$ とした。

地表面の境界条件は降水浸入と蒸発、降水による窒素成分の供給の系依存型境界条件、解析領域下端を深度100cmとして圧力勾配境界条件(水流束密度=不飽和透水係数)を与えた。

3. 結果および考察

(1) 土壌断面観察結果と土壌物理性の概要

図1に土壌断面観察結果と、乾燥密度・飽和透水係数の鉛直プロファイルを示す。土壌表面にはマメ科のシロツメクサとイネ科のナガハグサが繁茂していたため、深度12cm程度まではシロツメクサの匍匐茎(共生する根粒が付着)が多く認められ、土壌構造は塊状ないし壁状を呈していた。一方、12cm以深は土壌構造が発達していない無構造のシルト質壤土(国際土壌学会法による)であったが、深度65~70cmにかけて最大で直径5mm程度のリンゴ果樹の根成孔隙が認められた。乾燥密度は土壌表層と90cm以深において $1.0\sim 1.1(\text{Mg m}^{-3})$ 、根成孔隙が認められた深度範囲において $0.8(\text{Mg m}^{-3})$ 程度と低かった。また、飽和透水係数は深度30cmにおいて 10^{-5} のオーダーと最も小さく、深度50cm以深においては粗孔隙が多いため表層10cmの飽和透水係数よりも大きく 10^{-3} のオーダーであったため透水性は良好と判断される(遠藤, 2013)。

(2) 無機態窒素の吸着特性の深度依存性

低濃度領域におけるLangmuir型の吸着等温線の傾きから、 $\text{NH}_4\text{-N}$ については深度10, 90cmにおいて吸着能が低く、深度50, 100cmにおいて吸着能が高かった。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ はFreundlich型の吸着等温線で表わされ、低濃度領域における傾きから表層土壌10, 30cmの吸着能が高く、50cm以深の吸着能が低かったことから、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸着能は深くなるほど吸着能が低下することがわかった。

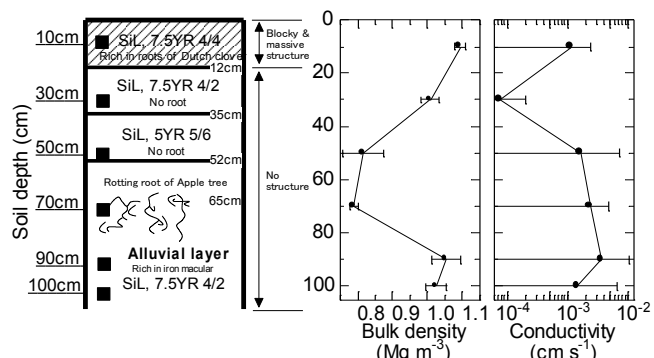


図1 土壌断面観察結果と土壌物理性の概要

*弘前大学農学生命科学部 * Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University
リンゴ園、土壌、硝酸態窒素、浸透流出

** (株)キタテック** Kitatekku Co., Ltd.

(3) 土壤間隙水中の硝酸態窒素濃度の挙動

図2に2011年1月～2012年12月の2年間の日降水量と土壤間隙水のNH₄-N濃度およびNO₃-N濃度の等値線図を示す。同図に示した日降水量について、特徴的な降水を(a)～(e)の枠で囲った。NH₄-Nの濃度は土壤表面付近で最も高く、深度10cm程度以深では低かった。このことは土壤がNH₄-Nを吸着する能力に長けていることと、地力窒素由来およびシロクロバーの根粒菌の窒素固定由来の窒素が、硝酸化成作用を受けて、浸透溶脱しない短期間のうちに硝酸に変化したためと考えられる。このため、降水によるNH₄-Nの浸透流出量は非常に少なかった。降水(a)によって深度10cm付近のNO₃-Nが深度40cm付近まで浸透流出したことがわかる。この頃から果樹の根がNO₃-Nを当該深度付近より選択的かつ積極的に吸収したことから、8月～9月中旬の深度20～60cmにおけるNO₃-N濃度がほぼゼロで推移した。降水(b)は2011年9月中旬に生じたが、この時期は、地表面付近で硝化したNO₃-Nが、わずか10日間で深度60cmまで浸透流出したことがわかった。10月以降、日降水量が30mmを超える降水がなかったため、10月中のNO₃-Nの下方への移動量が少ないことも確認できた。降水(c)は、降雨および降雪である。本解析では降雪を考慮しておらず、すべての降水を降雨として取り扱った。このため、地表面に到達した降水はダルシー則に従って土壤中を降下浸透する。10月初旬において、地表面付近のNO₃-Nが5ヶ月間かけて深度1mまで到達することが明らかになった。しかし、実際には11月下旬～3月初旬にかけて積雪が認められるため、本期間中においては、降水が土壤深部へと速やかに浸透しない。このため、降雪が生起する実

現象を考慮すると、NO₃-Nの高濃度領域が右側にシフトするため、地表面付近のNO₃-Nが5ヶ月間以上かけて深度1mまで到達することが予想される。また、1日の融雪量によっては、春先4月の融雪時季において、降水(a)や(b)で認められた窒素流出挙動が観測されるかもしれない。いずれにせよ、青森県のような降雪融雪量が多い地域のリンゴ園の無機態窒素の浸透流出挙動を正確に把握するためには、融雪挙動を勘案した解析が必要になる。降水(d)は日降水量100mm以上の大雨である。この降雨により、地表面～深度20cmのNO₃-Nがわずか1日に深度40cmまで浸透流出したことがわかった。その後、深度20～40cmに残存していたNO₃-Nは、8月中旬までの間に果樹の根に吸収されたことも理解できる。このことから、NO₃-Nが果樹の根に吸収されにくい期間中に大雨が生起すると、土壤中に残存しているNO₃-Nが下方へと一挙に浸透流出すると考えられる。このことは、すなわち、農耕地の余剰窒素が地下水汚染を引き起こすリスクがあることを示唆している。2012年の降水(e)は2011年の降水(c)の前半部分に類似している。しかし、2011年の降水(b)に相当する降水が2012年に生起しなかったため、この時季のNO₃-N濃度が2011年の時の約2倍で推移していることが明らかになった。

引用文献

- A. Endo, S. Mishima and K. Kohyama (2013) Nitrate percolation and discharge in cropped Andosols and Gray lowland soils of Japan, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Vol. 95, No.1, pp.1-21.
 遠藤明 (2013) リンゴ園土壤の物理的性質と無機態窒素の移動, 平成25年度 弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター公開講座「リンゴを科学する」, 配付テキスト pp.17-24.
 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.
 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回資料3)。

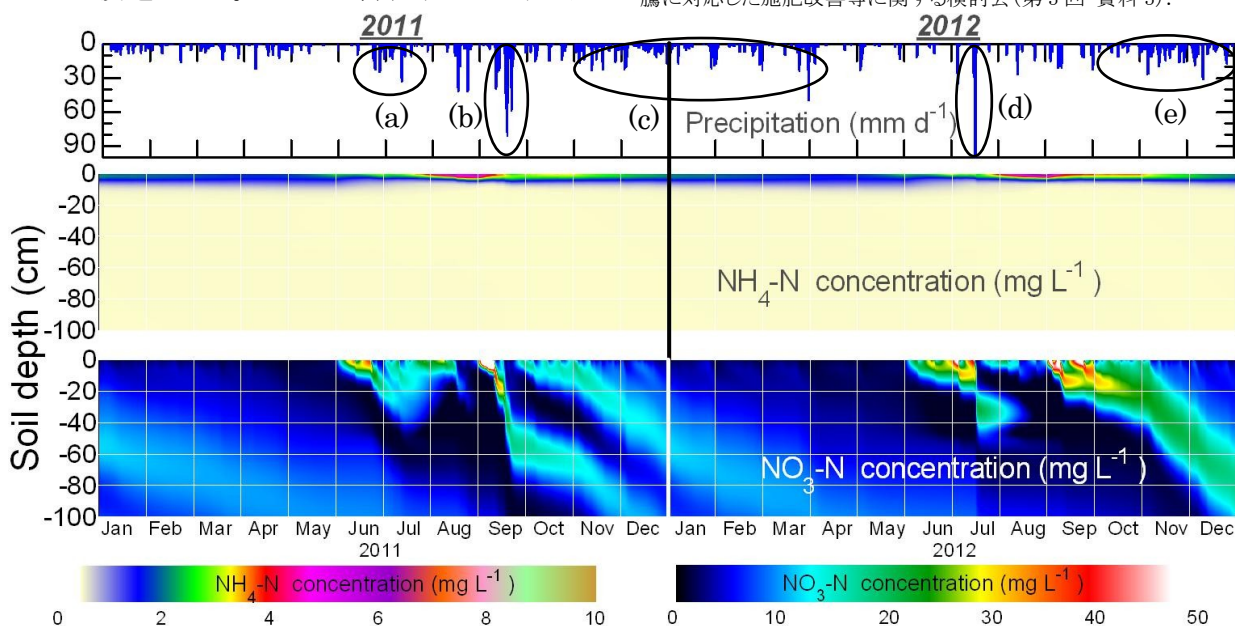


図2 2011年1月～2012年12月における日降水量と土壤間隙水中のNH₄-N、NO₃-N濃度の等値線図