

施肥・無施肥リンゴ園土壌における無機態窒素の浸透流出挙動

Inorganic nitrogen leaching characteristics of Apple orchard on fertilization and non-fertilization condition

○遠藤 明*・加藤 千尋*・佐々木 長市*・伊藤 大雄**

Akira ENDO*, Chihiro KATO*, Choichi SASAKI* and Daiyu Ito**

1. はじめに 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。さらに、無機態窒素が地下環境に与えるインパクトを明らかにして最適な施肥量を決定したので報告する。

2. 材料および方法

(1) 試料採取および土壌物理性試験の概要

2013年6月28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(100cm³ サンプラーを使用)と攪乱土を採取した。本リンゴ園の地表面はマメ科植物のシロツメクサで覆われており、所々でイネ科植物のナガハグサが繁茂していた。これらの下草を刈り取った約1か月後の地表面を観察したところ、シロツメクサが腐朽し分解していたことから、下草による有機物の供給が確実に行われていると考えられる。土壌断面を観察する際に100cm以深まで掘削したが地下水は観測されなかった。リンゴ園土壌中の水分および無機態窒素の移動解析を行う上で必要な土壌物理性パラメータを把握するため、不攪乱土を用いて、基本的な土壌物理性の測定、変水位法による飽和透水係数の測定および加圧板法による保水性試験を行った。次に、測定により得られた体積含水率と水分張力の関係に対して、van Genuchten(1980)の土壌水分特性曲線を非線形カーブフィッティングすることにより曲線パラメータを決定し、各深度の不飽和透水係数と体積含水率の関係を推定した。

(2) NH₄-NとNO₃-Nの吸着特性の把握

各深度のリンゴ園土壌(不攪乱土)のNH₄-NとNO₃-Nの吸着特性を把握するために、無機態窒素の吸着実験を行った。NH₄-NとNO₃-Nの定量には、それぞれセミマイクロケルダール蒸留法とイオンクロマトグラフ(IA-1000, 島津製作所)を適用し

た。また、溶液平衡濃度と溶質吸着量の関係を表現するNH₄-NとNO₃-N吸着等温式には、それぞれLangmuir型とFreundlich型を適用し、非線形カーブフィッティング法により曲線パラメータを決定した(遠藤ら, 2009)。

(3) 土壌間隙水中の硝酸態窒素濃度の計算

2011年~2013年の3年間におけるリンゴ園土壌中の無機態窒素の浸透流出挙動を理解するために、Endo et al.(2013)の数値モデル(Fig.1)を用いて数値計算を行い、施肥条件および無施肥条件のもとでの土壌中の無機態窒素濃度の時空間的な動態を把握した。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 kg/ha、地力窒素発現量を56 kg/haとした。各物質・エネルギーの輸送方程式や初期・境界条件は遠藤ら(2014)にならって解析した。解析領域は鉛直方向1次元の地表面(z=0)~下端(z=100cm)の深さ100cmである。地表面(z=0)の境界条件は降水、蒸発散、降水中に含まれる無機態窒素および窒素肥料(NH₄-N)の施肥といった系依存型境界条件である。降雨強度が地表面での水フラックス密度を上回った場合は、降水が地表面に湛水する条件を適用した。また、下端(z=100cm)の境界条件は、水分輸送については圧力勾配境界条件(水流束密度=不飽和透水係数)を、無機態窒素輸送については濃度勾配境界条件を適用した。

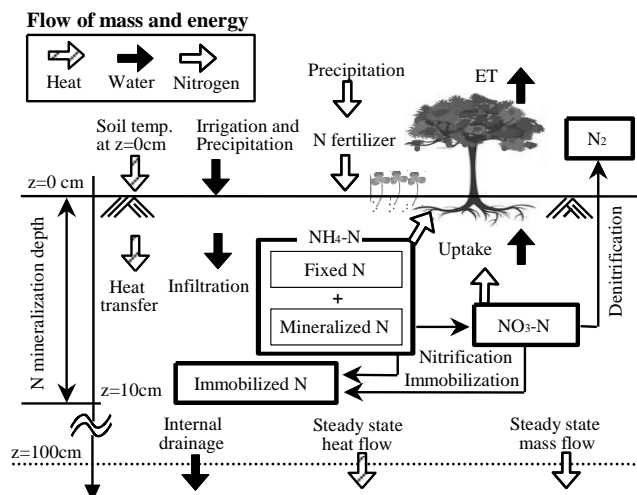


Fig.1 無機態窒素移動に関する数値モデルの概要
Schematic view of the model for calculating inorganic N

* 弘前大学農学生命科学部 * Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University ** 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** Teaching and Research Center for Bio-coexistence, Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University
リンゴ園土壌、施肥、硝酸態窒素

3. 結果および考察

(1) 施肥条件における無機態窒素の挙動

Fig.2に施肥条件における土壌間隙水中の無機態窒素濃度の等値線図を示す。▼印は施肥のタイミング、数値は施肥量を表している。施肥直後から硝酸化成作用により表層土壌中のNO₃-N濃度が増加し、降水後の浸透水とともに下方へと浸透流出する傾向にあった。同図中の(A)~(E)部に示したNO₃-N濃度が高い等値線に見られるNO₃-Nの浸透流出挙動と、無施肥条件における同一時期・同一深度の浸透流出挙動を比較すると、同図中の(A)~(E)に示した等値線の濃度の方が2倍程度高いことがわかった。また、深度100cmにおいてNO₃-N濃度が環境基準値の10mg/Lを超過する期間は、施肥条件と無施肥条件において、それぞれ全期間の90%と5%を占めることがわかった。したがって、本土壌条件のもとで施肥基準に沿う形で施肥を実施すると、地表面~深度100cmの土層のNO₃-N濃度が極めて高くなり、地下環境に対して負のインパクトを与えることが示唆された。

(2) 土層内の年平均NO₃-N濃度が10mg/L未満になるための減肥量の算定結果

Table 1に、施肥条件のもとでの深度100cmから浸透流出した水流束密度の積算値とNO₃-N流束密度の積算値を用いて算定した、2011年~2013年における諸量および減肥量を示す。地表面~深度100cmの土壌間隙水中の年平均NO₃-N濃度は減少傾向にあった。1年間のNO₃-N流束密度の積算値Σq_{NO₃-N}は2013年と2012年がそれぞれ

最大215 kg/haと最小156 kg/haであり、深度100cmの水流束密度の積算値Σq_wが大きいほど多い傾向にあった。このことは、降水量が多いほどΣq_{NO₃-N}が増加することを示している。また、0.01Σq_w未満の施肥量を投入するのであればNO₃-N濃度が10 mg/Lを超えることはない。この量は深度100cmでのΣq_wに依存する。したがって、降水量が少ないと予想される年には、肥料投入量をより削減すれば土層内の年平均NO₃-N濃度を低下させることが可能になることが明らかになった。具体的に、土層内の年平均NO₃-N濃度が10 mg/Lを下回るために要する減肥量Δq_{NO₃-N} kg/haは施肥基準に基づく標準窒素施肥量q_{std}と0.01Σq_w値との差を算定することにより表現できることがわかった。

引用文献

- 遠藤明, 加藤千尋, 佐々木長市, 伊藤大雄(2014): 施肥・無施肥リンゴ園土壌の無機態窒素の浸透流出挙動, 農業農村工学会論文集 294, 423-431.
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.

Table 1 2011~2013年の諸量および年間減肥量Δq_{NO₃-N}
Respective quantities and reduced amount of N-fertilizer on 2011-2013

	Σq _w (cm)	Σq _{NO₃-N} (mg/cm ²)	0.01Σq _w (mg/cm ²)	C _{NO₃-N} (mg/L)	Δq _{NO₃-N} (kg/ha)
2011	105.0	2.017	1.050	19.20	44.96
2012	91.1	1.562	0.911	17.14	58.91
2013	138.4	2.150	1.384	15.53	11.57

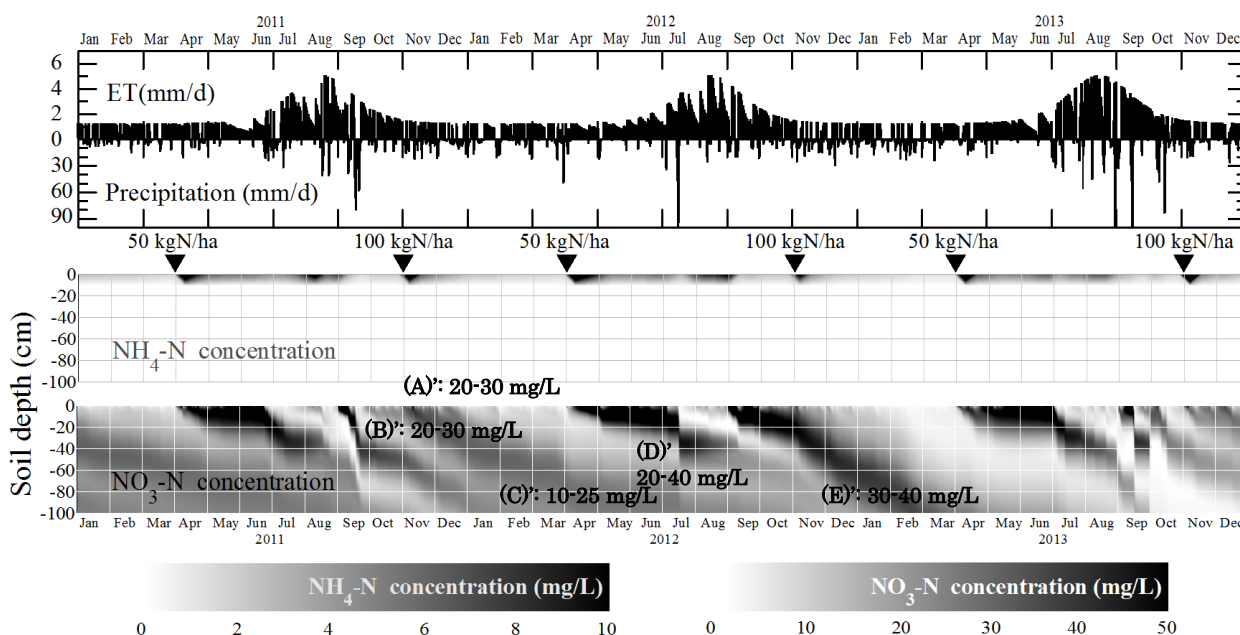


Fig.2 日蒸発散量・日降水量の経日変化と施肥条件における土壌間隙水中のNH₄-NとNO₃-N濃度の等値線図
Temporal change of daily ET and precipitation, isopleths of NH₄-N and NO₃-N concentration in soil pore water under the fertilization condition