

コマツナの根の吸収に伴う土中の窒素の挙動 Distribution of nitrogen in soil where Komotuna uptakes water and nutrient

○清本 翼*・渡辺晋生*

Tsubasa Kiyomoto and Kunio Watanabe

1. はじめに 作物生産下にある土中の窒素の挙動を予測するためには、根の吸水・吸収速度分布の変化や、態の変化を水分・溶質移動とともに考えることが必要である。これまで、様々な実験や数値計算により、作物の蒸発散や水ストレス、態の変化や吸着を伴う土中の水分・溶質移動についての研究が進められてきた。そこで本研究では、コマツナの成長に伴う根の吸水・吸収分布の変化をカラム実験と数値解析により評価し、その際の土中の窒素移動を検証した。

2. 試料と方法 試料には、三重大学附属農場ダイズ畑から採取した表土の 2 mm ふるい通過分を用いた。内径 4.8 cm、高さ 16 cm の鉛直カラムに、試料を乾燥密度 1.20 g/cm³ で詰めた。カラムには 2, 6, 10, 12 cm 深に土壌水分・EC センサ 5TE を設置した。カラム下端から、0.3 cmol/L の KNO₃ 溶液をマリ奥特管を用いて供給し、カラム下端の圧力を 0 cm とした重力分布が形成されるように 2 日間静置した。その後、供給液を純水に替え、カラムに根長 5 cm のコマツナを移植した。対照としてコマツナを栽培しないカラムも用意した (図 1)。両カラムの上端には蒸発を抑制するためにマルチを施した。そして、両カラムを温度 29°C、湿度 70%、日照 12 時間に保った人工気象器内に 21 日間静置した。移植後、0, 7, 14, 21 日目にカラムを解体し、各深さの土中の体積含水率、根の含有量、アンモニア態窒素 NH₄-N 量、硝酸態窒素 NO₃-N 量、コマツナの乾物重量と窒素含有率を測定した。定期的にコマツナの草高と蒸散量 (マリ奥特管水位) を計測した。

3. 数値計算 リチャーズ式と硝酸イオンの移流分散式を用いて、カラム実験を解析した。初期条件と境界条件は実験の実測値を用い、水分特性曲線と不飽和透水係数関数は前もって吸引法、加圧板法、鏡面冷却式水ポテンシャル計、蒸発法で測定した値に van Genuchten (1980) のモデルを適合して用いた。硝化や硝酸イオンの吸着と脱窒は実験結果より無視できるとした。根の吸水量は蒸散量に等しいとし、吸水モデルには Feddes (1978) のモデルを用いた。この際、根の吸水分布はカラム全層で均一、あるいは実測の根密度分布に比例すると仮定した。計算には HYDRUS1D を用いた。

4. 結果 図 2 にコマツナの草高と蒸散フラックスを示す。コマツナの草高は 6 日目までは約 3 cm で一定だったが、8 日目から急激に大きくなり、12 日目には 8 cm、21 日目には 12 cm となった。蒸散フラックスは草高が小さい 6 日目までは 0.5 cm/day でほとんど一定であったが、

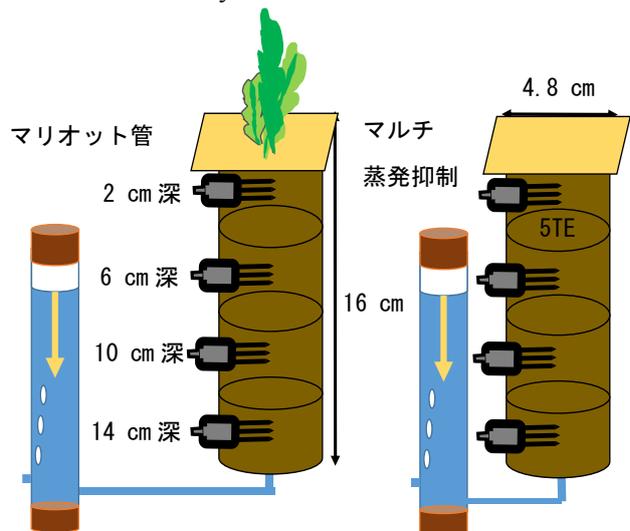


図 1 実験の概略図

*三重大学大学院生物資源学研究所 Graduate School of Bioresources, Mie University

キーワード：数値解析，カラム実験，水分・窒素移動

草高が大きくなるとともに上昇し、14日目で2.0 cm/day となった。実験中、両カラムの試料の体積含水率は初期分布を保持した。図3にコマツナ非栽培カラム(a)と栽培カラム(b)のNO₃-N量分布を示す。NO₃-N量の初期分布は、上層で多く、下層で少なく両カラムとも等しかった。コマツナ非栽培カラム14日目のNO₃-N量は、上端で減少し、6cm深で増加したがカラム内の総量は0日目と等しかった。これはNO₃-Nが濃度差により下方へ拡散移動したためだと考えられる。一方21日目にはNO₃-N量は全体的に減少した。カラムを解体すると、12cmより下層の土は変色しており還元状態となっていたことから、14日から21日目にかけてのNO₃-N量の減少はカラム下層へのNO₃-Nの移動と下層での脱窒によるとみなせる。コマツナ栽培カラムでは、NO₃-N量が14日目には2cm深から10cm深の間で大きく減少し、21日目にはカラム内からほとんど消失した。図4にコマツナの根密度分布を示す。7日目には根は下層まで伸びていなかった。14日目には根は下層まで達しており6cm深で最大4 mg/cm³となった。その後21日目の根密度は14日目より全体的に低下した。0日目から14日目のNO₃-N量が大きく減少した深さ2から6cm深は根密度の高い層と一致した。図5にカラム全体のNO₃-N

量の時間変化を示す。コマツナ非栽培カラム(a)のNO₃-N量は14日目まではほとんど変化しなかったがその後21日目にかけて減少した。コマツナ非栽培カラムのNO₃-N減少量を脱窒量と考えると、21日目までの脱窒量は0.19 cmolとみなせる。一方、コマツナ栽培カラム(b)ではNO₃-N量が7日目以降減少した。21日目までのNO₃-N減少量は0.30 cmolだった。コマツナの乾物重量は14日目で0.5 g、21日目で0.9 g、窒素含有率は2~5%だった。窒素含有率を平均的に4.5%とみなすとコマツナの窒素含有量は14日目で0.17 cmol、21日目で0.31 cmolとなる。コマツナの窒素含有量と土中のNO₃-N減少量が等しいことからコマツナ栽培カラムでは脱窒があまりおこらなかったと考えられる。ここで、根の吸水はカラム全層で均一(仮定1)、実測の根密度分布に比例する(仮定2)として、それぞれ根NO₃-N吸収量を算出した。根の21日間のNO₃-N吸収量は仮定1では0.38 cmol、仮定2では0.39 cmolとなった。また、仮定1は実測のNO₃-N減少量の経時変化を良く再現したが、仮定2は過大評価した。コマツナは根密度分布によらず、カラム全層から均一にNO₃-Nを吸収したと考えられる。このときに、NO₃-Nは水の移動とともにカラムの下端から上端に向けて移動していたと考えられる。

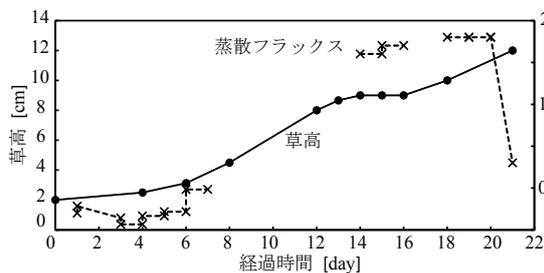


図2 コマツナの草高と蒸散フラックス

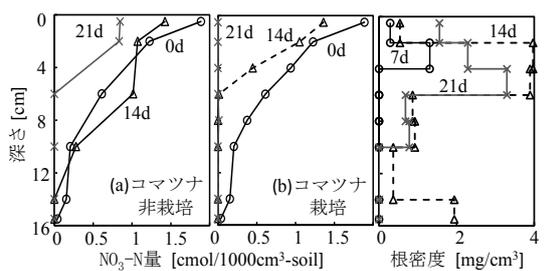


図3 NO₃-N量分布

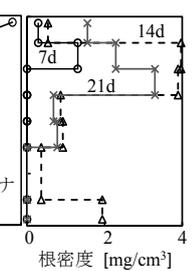


図4 根密度分布

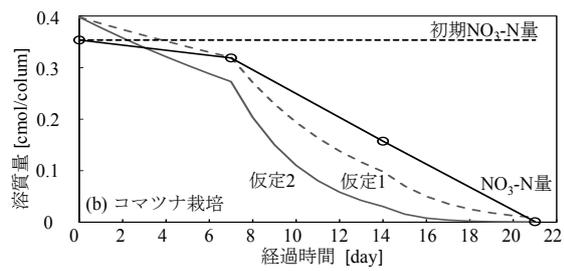
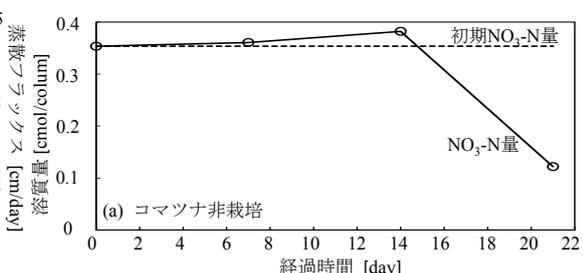


図5 カラム内の全量の変化