

学 位 論 文 要 旨  
SUMMARY OF DOCTORAL THESIS

氏名 Name: 東 直子

題目 Title: 不飽和土壌中の根群域からの肥料溶脱と

下方浸透水のモニタリングに関する研究

Monitoring of Infiltration Water and Fertilizer Leaching

From the Root Zone in Unsaturated Soils

農地からの硝酸態窒素を始めとする肥料成分の流出が、地下水など水環境に及ぼす影響は大きい。近年、透水性が高く、肥料の溶脱リスクの高い砂質圃場においても、灌漑・施肥技術の発達により営農活動が可能になっている。そのため、砂質圃場の根群域からの下方浸透水量・水質を正確に把握して土壌および地下水の汚染過程を解明し、硝酸態窒素など環境負荷物質による汚染防止のための適切な施肥管理や水管理を行うことが求められている。下方浸透水の水量測定だけでなく水質分析も行うためには、土壌中を移動する下方浸透水を直接採取する必要がある。本研究では自動でサクシジョンを制御することにより、下方浸透水の流線を乱すことなく、最も効率よく採水可能な装置を開発し、その装置と各種センサー技術を併用したシステムを用いて、根群域からの下方浸透水のモニタリングを行った。

わずかなサクシジョン変化で大きく土壌水分量が変化するような砂質土壌においても、浸透水を採取可能な装置(Suction-Controlled Flux Sampler, SCFS)を開発した。まずはフィルターの選定を行い、透水性や空気侵入値、目詰まりについて考慮した結果、孔径5~10  $\mu\text{m}$ のガラスフィルターが最適であると判断した。採水のためにかけるサクシジョンが、採水フィルター周辺の土壌水分量に与える影響を予測したシミュレーション結果からは、フィルター直上に土壌水分量の低い不飽和部分が残ることが示唆された。それを考慮に入れると、SCFSの採水吸引判定値( $h_c - h_{LR}$ )を、周囲と同じというよりは、わずかに(5 cm)乾燥側に設定するほうが砂質土壌での採水に適していた。また、弱いサクシジョンをかけるためにバッファー容器を採用することで、土壌組成の違いに応じ、フィルターにかけるサクシジョンを調整できることが明らかとなった。次に、鳥取砂丘砂を充填した土壌カラムを用いて、採水効率を算出することでSCFSの採水性能を評価した。連続降雨の定常状態下および短期降雨の非定常状態下における室内土壌カラム実験で、SCFSは94~121%の高い採水効率を記録し、不飽和の砂質土壌中で効率の良い浸透水採取が可能であることを示した。

続いて、SCFSの砂質圃場における採水性能の評価、およびラッキョウ栽培下で1年間にわたる根群域からの肥料成分溶脱量の測定を行った。SCFSは砂質圃場においても92~115%という高い採水効率を記録したが、降雨強度や先行降雨の有無が採水効率に大きく影響していた。深度別に挿入した各種センサーの測定値とSCFSの採水結果

から、規定量の施肥や灌漑を行ってれば、ラッキョウ栽培時の根群域下への肥料の溶脱量は抑えられることが示唆された。一方、灌漑直後に予測・管理不可能な降雨があった場合、あるいは先行降雨後に強い降雨が続いた場合に根群域下への下方浸透が発生しやすく、肥料溶脱量も増えることが推察された。また、ラッキョウの生育停滞期で追肥のない期間において、降雨や降雪に伴う下方浸透水の発生および各種陰イオンの溶脱は少ないことが明らかとなった。深度別の TDR センサー、SCFS の採水チューブ内に挿入した 4 極塩分センサーを用いて土壌溶液中および浸透水中の電気伝導度の変化をモニターし、さらに浸透水の水質分析結果から、肥料成分の溶脱を詳細に把握することが可能であった。

SCFS より簡易で安価なサクシオン固定型サンプラーの砂質土壌における有用性を検討した結果、その採水効率 は 149~235% であり、砂質土壌に対して設定したサクシオンが 40 cm では大きすぎたため、SCFS よりも採水過剰傾向にあった。サクシオン固定型サンプラーでは、一度採水が始まると採水継続時間も長く、これも採水過剰の一因と考えられた。また、砂質土壌のように透水性の高い土壌においては、サクシオン固定型サンプラーでは装置の毛管水切断によって採水不能となる問題点も明らかとなった。コストを考慮してサクシオン固定型サンプラーを砂質土壌で使用する場合には、設定するサクシオン値の検討を充分に行う必要があり、また降雨強度・浸透速度に応じた採水が困難であるために採水過剰となることは避けられない可能性が示された。

最後に、SCFS を含む下方浸透水モニタリングシステムの実用化のために留意すべき点を示した。フィルターや土壌の種類を変えてシミュレーションを行い、砂質土壌で G4 フィルターよりも透水性の低いフィルターを用いた場合は、吸引判定値を  $(h_C - h_{LR}) = 0$  とし、且つ強め(90 cm 以上)のサクシオンを瞬間的にかけるような制御が必要である。また、G4 フィルターの透水性の高さが、フィルター直上に特に水分量の低い不飽和部分を作る要因となっていると考えられた。土壌とフィルターの組み合わせ、あるいはフィルターにかけるサクシオンの大きさが採水装置周辺の土壌水分に変化をもたらすため、流線を乱さずに浸透水を採水するにはシミュレーション結果を反映させ、それぞれの状況に応じた厳密なサクシオン制御を行う必要があることが明らかとなった。下方浸透水モニタリングシステムに、さらにアンテナ付携帯電話データ通信コントローラなどを追加することで、各種計測機器の測定データを遠隔地からモニターおよび回収可能となった。また、採取した下方浸透水を回収に行く頻度を下げることのできるコールバックシステムの有用性についても確認することができた。

土壌や地下水汚染を引き起こす前に予防的な措置を施す際や、効率的で適切な灌漑および施肥管理の在り方を提案する際の一助となる下方浸透水モニタリングシステムを構築できた。