

(別紙様式第3号)

学 位 論 文 要 旨

氏名: 山崎 真吾

題目: 砂質土壌における塩水を用いた2深度地中灌漑に関する研究

Subsurface irrigation with saline water at two depths in a sandy soil

世界的な水不足により,農業は水利用の高度化ならびに高効率化を迫られている.特に乾燥地域に多く分布する途上国において,農業用水は圧倒的なシェアを占め,世界的も全用水量の6割以上は農業用水として使用されている.こうした背景から農業用水量削減に向けた圧力が高まる中,節水灌漑法や塩水灌漑が注目されている.節水灌漑法として期待され,実用化も進みつつある灌漑法の一つに地中灌漑法が挙げられる.しかし,地中灌漑法は,根が灌水管の周りに集中してしまうこと,毛管力の弱い砂質土壌では栽培初期に給水できないことも考えられる.そこで本研究では,これら問題への対策と更なる効率的水利用を目指して,地中灌漑を2深度から行う方法を提案し,その可能性を評価するとともに,これを用いた灌漑計画策定の手法を示し,節水灌漑実現の一助となることを目的とした.

はじめに,2深度地中灌漑による作物栽培の可否とその有用性を評価することを目的とし,一般的な散水灌漑と2深度地中灌漑による栽培実験をビニルハウスにおいて行った.供試作物にソルガム(*Sorghum bicolor* L.)を用い,灌漑水として水道水と塩水(NaCl水溶液,4000ppm)を用いた.収穫時の乾物重,葉面積,水利用効率,土壌水分・塩類分布を比較することで,2深度地中灌漑法の特徴と有用性について検討した.栽培実験の結果,塩水灌漑を行った場合には散水灌漑法よりも2深度灌漑法を適用した方が乾物重および水利用効率が大きくなることが示された.また,土壌塩類分布について,散水灌漑法よりも2深度地中灌漑法を適用した場合に,地表面に著しい塩類集積が観測されたが,0.05~0.40m層の土壌塩類量は小さくなった.これは,根群域の塩類濃度を抑制していたとも考えられるため,従来のリーチングとは異なる土壌塩類の管理手法として機能する可能性が考えられる.

次に,従来の地中灌漑法(1深度)と2深度地中灌漑法を用いた栽培実験をビニルハウスにおいて行い,両灌漑法の相違を比較,検討した.供試作物としてダイズ(*Glycine max*),灌漑水として塩水(NaCl水溶液,3000ppm)を用い,それぞれの灌漑法を実施し,作物生育,水利用効率,土壌水分・塩類分布および土壌の塩収支を比較した.実験結果から,播種から始まる43日間の栽培期間の後半において,乾物重,LAIおよび水利用効率について,2深度地中灌漑法を適用した方が従来の方法よりも良好であることが示された.また,2深度地中灌漑法を適用することによって,夏季においても比較的深い深度まで湿潤な状態が維持されたが,下方浸透量も増加することが示された.一方,両灌漑法とも地表面に塩類集積を生じたが,2深度地中灌漑法を用いた場合,埋設された灌水管周辺にも塩類が集積した.

以上より,2深度地中灌漑法による作物栽培が可能であることが示された.また,塩水を

用いたソルガム栽培において、散水灌漑法よりも節水と作物生育に有利であることが示された。さらに、塩水を用いたダイズ栽培実験において、2深度地中灌漑法は栽培後期の効率的な水利用と作物生育について、従来の1深度地中灌漑よりも有利である可能性が示された。一方、土壌中の水分・塩類分布について、地中灌漑を行うことによって地表面に塩類集積が生じたが、2深度地中灌漑法を適用した場合と1深度地中灌漑法を適用した場合では分布傾向が異なることが示された。

栽培実験では土壌中の水分・塩類分布を精密に観測できなかつたことを踏まえ、次に、平面的な土壌槽を用いて様々な条件の下で1深度地中灌漑あるいは2深度地中灌漑を実施し、土壌水分・塩類の2次元分布を観測した。その結果、灌漑強度の上昇につれて側方の浸潤域が拡大すること、透水性が高く毛管力の小さい砂質土壌であっても、浅い深度から地中灌漑を比較的大きな灌漑強度で実施すると、地表面の湿潤域拡大による蒸発量の上昇につながる可能性があることが示された。また、2深度地中灌漑を適用した場合、それぞれの灌水管から形成された2つの湿潤域は、互いに離れている場合は干渉せず、領域が重なる場合は重ね合わせ、つまり水分の足し合わせによって表現されることが示唆された。一方、塩類移動が水分移動から遅れる現象が観測された。これは、土粒子によるイオン吸着の影響によるものと考えられるが、粘土分が少なくイオン交換容量が小さいため吸着力が弱いとされる砂質土壌であっても、安易にその影響を無視することが危険であることが示唆されたと言える。すなわち土壌の種類に関わらず、塩水を用いた灌漑計画の策定には土壌化学性も考慮しなければならないことが確認された。

土壌槽を用いた実験において、ある条件の下で地中灌漑を行った際の定期・定点の土壌水分データが蓄積された。このデータを利用して逆解析を行い、土壌水分特性曲線を表すvan Genuchtenモデルのパラメータを推定した。土壌槽実験のデータの一部を利用して3パターンでの逆解析を行い、3セットのパラメータを求めた。ここに文献より求めた1セットのパラメータを加え、合計4セットのモデルパラメータを用意した。これらのパラメータを用いて順解析を行い、逆解析に使わなかつた実験の再現を試み、RMSE(Root Mean Square Error)によって実測値と計算値を比較し、シミュレーションによる実験の再現性を評価した。さらに、代表点における土壌水分の経時変化、土壌水分の2次元分布を比較し、RMSEの値も考慮しつつ最適なパラメータを決定した。検討の結果、最初に浸潤過程を経ると仮定した、土壌水分ヒステリシスを考慮した逆解析法によって求めたパラメータが最適であると判断した。

最後に、これまでの研究を踏まえ、作物栽培を想定した2深度地中灌漑法を用いた灌漑シミュレーションを行った。ソルガム栽培実験で得た蒸発散量データと逆解析によって得たvan Genuchtenモデルパラメータを参考として灌漑シミュレーションを行い、灌漑位置、灌漑強度が及ぼす水利用効率への影響について検討した。灌漑シミュレーションの結果、灌漑強度を比較的大きく設定し、灌水管の水平間隔を狭く、浅い方の灌水管を比較的に深い位置に設置することによって水利用効率が向上することが示唆された。

以上、2深度地中灌漑という新たな灌漑法を提案できたことは、本研究の一つの成果である。また、本研究で示した土壌中の水と塩類の動きに着目した実験と数値シミュレーション、そこから得られたデータを用いた栽培・灌漑シミュレーションは、灌漑計画策定における手法として一助となり得ると考える。