

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 西田和弘

乾燥地、半乾燥地の灌漑農地では、根圏への塩類の集積とそれに伴う塩害が生じ問題となっている。塩類集積の防止のためには灌漑排水設備を導入することが不可欠であるが、これは必ずしも容易ではない。そのため、多くの農地は耕作放棄され、塩類集積がさらに進行した深刻な土壌劣化が引き起こされている。そこで、塩類集積防止法として、土壌表面を植物で被覆する方法が注目されている。この方法は乾燥地において経験的に知られた方法であるが、根圏の塩類集積過程に与える影響に関して、科学的に十分な検討はなされていなくそのメカニズムは明らかでない。本研究は、植物被覆による農地保全効果を、土壌-植物-大気連続体 (SPAC) の水・塩移動のメカニズムに基づき明らかにしたものである。

序論 (第 1 章) に続き第 2 章では、まず、地下水位を制御したポット実験により、小麦の葉の水ポテンシャルと蒸散比 (実蒸散/可能蒸散) の関係を測定した。小麦の蒸散比は、葉の水ポテンシャルが -2.0 MPa で蒸散比 0.5 、 -3.0 MPa で蒸散比 0.3 となった。そして、この関係を経験式で表した。次に、これと独立の実験で、小麦の根の吸水に伴う土壌中の塩分量・塩濃度の変化を測定した。土壌中の塩は、初期では根の多い上部において多く集積し下部にはほとんど集積しないが、塩濃度が上昇すると上部の塩類集積は停止し下方において塩類集積が起こることが明らかになった。そして、根の吸水に伴う塩類集積過程を表現可能な数値計算モデル (SPAC モデル) を作成し、計算結果を実験結果と比較することで検証した。ここで作成した SPAC モデルは土壌中の水移動については Richards 式、塩移動については移流分散式、根の吸水についてはオームの法則型モデル、蒸散については蒸散比モデルを用いることで、土壌中の水・塩移動、根の吸水、蒸散を考慮したものである。SPAC モデルによる計算結果は、実験結果と比較的良好一致を見せ、実験による塩類集積過程を良く表現した。根の速度の計算値は、初め根の多い上部で高い値を示したが、時間の経過と共に上部の根の吸水速度は低下した。以上の結果より、根の吸水に伴う塩類集積過程では、初期においては根が多く根の吸水速度が高い上部に多量の塩が集積するが、下部では上部への移流によって塩が上部に運ばれるため根の吸水があったとしても塩分量は増加せずほぼ一定となること、時間が経過すると上部では塩濃度上昇によって根の吸水が阻害されるため塩集積が停止するが、下部では上部への移流が停止するため塩集積が始まること、土壌水の水ポテンシャルは根の吸水によっては葉の水ポテンシャル以下にならないことが明らかになった。

3 章では、浅い地下水位を持つ地下水位一定のポット実験により、植物の蒸散と裸地面蒸発に伴う土壌内の塩類集積過程の違いを評価した。ポット表面が芝で覆われているポットと、表面が裸地状態のポットを用意し、ポット内の塩濃度・塩分量分布がどのように異

なるかを調べた。裸地状態のポットの塩濃度は、土壌の表面のみで上昇した。表面の土壌水の塩濃度は飽和濃度(360g/l)となり、表面では塩が析出した。一方、芝ポットの塩濃度は、根の吸水によって塩類集積が生じるため、裸地ポットよりも下方においても上昇した。また、表面の濃度は裸地ポットより低い濃度(100g/l)となった。この結果より、裸地では土壌表面の土壌水の濃度が高濃度に濃縮されること、植生下では、根の周囲に塩が集積し、表面の濃度は裸地よりも低濃度になることが明らかになった。

4章では、2章で作成したSPACモデルを用いたシミュレーションにより、実験を行うことが困難な、様々な地下水位、土性、植物被覆の有無の違い、による蒸発散量、塩類集積過程、塩濃度分布を比較した。シミュレーション結果は、3章の実験結果と同様に、裸地下では土壌表面において土壌水が高濃度に濃縮されるが、植物被覆下では吸水によって下がりうる土壌水の水ポテンシャルが、必ず植物の水ポテンシャルよりも高い値になるため、植物が生きている限り裸地ほどの高濃度の塩類集積は生じないことを示した。この結果より、植物被覆下の塩類集積過程がSPACの基礎理論により説明可能であることが示唆された。

5章では、総括として、植物被覆による農地保全効果のメカニズムを考察した。裸地では、土壌表面に高濃度の塩類集積が生じるため、ソーダ質化や土粒子の分散などの土壌劣化が起こること、植物被覆下では、表面の塩濃度上昇が遅くなると共に、表面の濃度が裸地よりも低濃度に保たれるため、土壌劣化が防止されることが考えられた。また、裸地では、降雨があると表面の透水性・浸透能が低下するため、塩類集積が生じるが、植物被覆下では、高濃度の塩類集積による土壌の透水性の低下が防止されるため、浸透能の低下に伴う塩類集積の発生が防がれると考えられた。以上より、植物被覆による農地保全効果は、土壌表面の高濃度の塩類集積とそれに伴う土壌劣化を防止すること、浸透能の低下を防止し、それに伴う塩類集積を防止することにあると考察した。

以上のように本研究は、植物被覆による乾燥地の農地保全効果を、室内実験、物理モデルによるシミュレーション、水移動に関する基礎理論に基づく解析により明らかにしたものである。その結果はオリジナリティが高く、乾燥地の農地保全上重要なものである。よって審査員一同は本論文を博士学位に値するものと認めた。