

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 佟 麗 敏

論 文 題 目 乾 燥 地 に お け る 塩 類 集 積 土 壤
の 修 復 に 関 す る 土 壤 学 的 研 究

論文審査担当者

主 査	名古屋大学教授	渡 邊 彰
委 員	名古屋大学教授	山 内 章
委 員	名古屋大学教授	竹 中 千 里
委 員	名古屋大学教授	浅 川 晋
委 員	名古屋大学准教授	村 瀬 潤

論文審査の結果の要旨

乾燥地は、過去半世紀に地球上で約 14 億 ha 増大し、現在も面積の増大と土壤の劣化が進行している。乾燥地の土壤劣化のうち主な化学的劣化は塩類集積による。土壤の塩類化のうち特にソーダ質化は、土壤の化学性と物理性を著しく低下させる深刻な問題である。これまで乾燥地で用いられてきたソーダ質土壤の主な改良方法は、石膏等のカルシウム (Ca) 資材を施用し、 Ca^{2+} とのイオン交換反応によってナトリウム (Na) の排出を促進する方法である。しかしながら、塩類集積土壤が広く分布する発展途上国では、Ca 資材の使用は経済的に困難なことが多いため、現地で容易に入手できる材料を用いた低コスト資材の開拓が急務となっている。そこで、本研究では、①交換性 Na の置換溶出による排出促進、②水溶性塩類の安定な吸着による溶出抑制の 2 つの観点から新しく安価な塩類集積土壤の改良法を提案することを目的とした。①には植物体に多く含まれているカリウム (K) に着目し、K 資材として各種堆肥の利用、また、②には多孔質で表面官能基をもつバイオ炭の利用をそれぞれ検討した。これらの資材は、作物残渣や家畜排泄物から製造でき、土壤の生物生産性を全般的に改善する効果も期待できる。

堆肥には、牛糞完熟堆肥、稲わら堆肥 2 種、菜種油かす堆肥、バーク堆肥を用いた。まず、牛糞堆肥を塩性ソーダ質土壤に重量比 0~10% で混合し、土壤からの各種塩基浸出量、土壤交換性塩基含量の変化に基づいて、堆肥 K の土壤 Na 置換能を評価した。その結果、堆肥添加率の増大に伴って土壤中の交換性 K 量が増大し、交換性 Na 量が減少し、Na 浸出量が増大する効果が認められた。次いで、各種堆肥の交換性 Na 置換能を比較するとともに、Na 置換機構を調べた。一般的に、交換性 Na は土壤粒子表面の電気二重層に静電相互作用により弱く吸着されている（外圏型吸着）と考えられてきたが、本研究で用いた塩性ソーダ質土壤では、交換性 Na の 42% が粘土鉱物や腐植の酸素と配位結合を形成する内圏型吸着によって強く保持されていた。内圏型吸着 Na 量はいずれの堆肥添加土壤においても減少し、特に菜種油かす堆肥は、2~10% の添加で内圏型吸着 Na 量を 78~93% 減少させた。全交換性 Na の除去率も最大（菜種油かす堆肥 5% 添加）で 80% に達した。外圏型吸着 Na 量の除去効果は、水溶性 K 含量が高く、水溶性 Na 含量が低い堆肥ほど大きく、堆肥および添加率の選択においてひとつの基準になると推察された。さらに、堆肥の添加は土壤 pH を 9.3 から中性付近 (6.6~8.2) にまで低下させたことから、有効態リンの増加などの効果も期待された。これらの結果より、Ca やマグネシウム (Mg) よりも内圏型錯体を形成しやすい性質をもつ K を多く含む堆肥は、塩性ソーダ質土壤の改良に適していると考えられた。

塩類除去による塩性ソーダ質土壤の改良では、粘土の分散による土壤透水性の悪化が問題となる。そこで、堆肥施用が土壤の透水性に及ぼす影響を調べた。供試土壤は、土性が砂壤土あるいは砂質埴壤土であるにも関わらず土壤飽和透水係数 (HC) が非常に低かったが、牛糞堆肥 2~10% の添加により、HC は 5~50 倍増大した。透水を繰り返

返すと HC は低下したが、常に無添加土壌の HC よりも高い値を維持し、添加率 5% の際に最も安定であった。堆肥添加が土壌透水性を改善する機構を明らかにするために、電気伝導度 (EC)、K、有機物の各因子の寄与をモデル実験によって調べた。その結果、EC が同じ場合には、全水溶性塩基中の K の割合は HC に有意な影響を示さず、一方、水溶性塩基の組成が同じ場合には、HC は EC が高いほど大きかった。また、牛糞堆肥から水溶性塩類を除去したところ、HC の改善効果は認められなくなった。これらより、堆肥施用による透水性増大の主要因は EC の上昇であり、K の透水性に対する寄与は Ca や Mg と同程度であると推定された。有機物による団粒形成が透水性に与える効果は、時間が立てば現れる可能性があるが、本研究では認められなかった。また、各種堆肥添加に伴う土壌分散率の変化を測定した結果、分散率は 80% から 35% ないし 59% へと減少し、EC、交換性 Na 占有率、土壌分散率との関係に基づき、EC の増大に加え、K との置換により交換性 Na 占有率が減少したことで、土壌の分散が抑制され、透水性が向上したと結論した。

バイオ炭の水溶性塩基溶出抑制能は、トウモロコシ茎炭 3 種 (400°C、500°C、リン酸添加 260°C 加熱処理)、籾殻薫炭、竹炭を用いて調べた。トウモロコシ茎炭の添加は、燃焼温度の違いや孔隙を増やすために行ったリン酸処理に関わらず、Na の溶出を抑制することはできなかった。しかし、Mg の溶出は顕著に抑制され、いずれも重量比 5% の添加で Mg 溶出量が 85% 減少した。竹炭の添加にも Na 溶出抑制効果は認められなかったが、Ca および Mg の溶脱量を最大で 94% 減少させた。したがって、これらの資材は、肥料の多施用が原因で塩性化した温室土壌等の改善には有効であると考えられた。一方、籾殻薫炭は、K、Na、Ca、Mg いずれに対しても溶出抑制効果を示し、Na の溶出は添加率 5% で 20% 抑制された。走査型電子顕微鏡によるバイオ炭の表面構造の観察からは、籾殻薫炭の表面に凹凸が多いことが示され、固体 ^{13}C NMR からは、籾殻薫炭のカルボキシ炭素含量がトウモロコシ茎炭や竹炭と比較して大きいことが示されたことから、比表面積と官能基含量の違いが Na を含む各種塩基に対する籾殻薫炭の高い吸着能力に関係していると推察した。籾殻薫炭は土壌透水性の改善効果も大きかった。

以上のように本研究は、K を豊富に含む堆肥が塩性ソーダ質土壌から交換性 Na を排出し、かつ土壌 pH、土壌物理性 (透水性) を改善する安価な資材として有効であることを明らかにしたものであり、堆肥とその施用率を決める際に、堆肥の EC と水溶性 K および Na の含量が指標になりうることを示唆した。また、Na の土壌溶液への溶出を抑制する資材として、籾殻薫炭が有効であることを示し、排出に十分な降水量や灌漑水が得られない場合にも植物生育環境を改善できる可能性を見出した。本審査委員会は、本論文の内容が博士 (農学) の学位論文として十分に価値あるものとして認め、合格と判定した。

試験の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 第	号	氏名	佟 麗敏
試験担当者	主査 渡邊 彰、副査 山内 章、竹中千里、浅川 晋、村瀬 潤			
<p>(試験の結果の要旨)</p> <p>平成29年 2月14日学位審査委員会において、主論文の内容を中心としてこれに関連する科目の学識および研究能力について試問し審査した結果、合格と判定した。</p>				