

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：82104

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K20585

研究課題名（和文）熱帯土壌への炭素貯留による気候変動レジリエンスの向上評価

研究課題名（英文）Assessment of Enhanced Climate Change Resilience through Carbon Sequestration in Tropical Soils

研究代表者

岩崎 真也（Shinya, Iwasaki）

国立研究開発法人国際農林水産業研究センター・農村開発領域・任期付研究員

研究者番号：40915261

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：タイにおける45年以上に渡る長期連用試験を対象とし、土壌の網羅的解析による土壌理化学性変化の総合的理解と、炭素貯留による気候変動レジリエンス向上の評価を目的とした。長期間の営農管理の違いによって、土壌構造など土壌物理性と、土壌炭素の垂直分布の違いを確認した。また、構造方程式モデリングを用いて営農管理の違いが土壌炭素貯留、土壌物理化学性、および作物収量に与える影響の相互作用を可視化した。砂質土壌では、土壌有機物に由来する水分及び養分保持機能が粘質土壌に比べて卓越し、相対的に土壌炭素貯留による作物収量向上効果が大きいことが明らかになった。成果は、国内外の学会で報告し、原著論文として投稿した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国際的に炭素排出量の低減がうたわれるなか、土壌炭素貯留への期待も高まっている。しかしながら高温多湿環境により、土壌有機物分解が卓越する湿潤熱帯地域において、温帯や亜寒帯を中心に進んできた炭素動態メカニズムをそのまま適用することはできない。熱帯では最大規模の長期連用試験をもとに炭素貯留量の算定と作物生産への影響を示した本研究の意義は大きい。また、土壌型によって、有機物施用による土壌炭素貯留速度および土壌炭素が肥沃度向上に与える影響が異なることが明らかになったことは、土壌炭素動態モデルの構築に大きく寄与する。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to understand soil physico-chemical changes through comprehensive soil analysis and to evaluate the improvement of climate change resilience through carbon sequestration in a long-term continuous use study over 45 years in Thailand. Differences in soil physical properties, such as soil structure and the vertical distribution of soil carbon, were identified among the different management practices. Structural equation modeling was used to visualize the interactions among the effects of different management practices on soil carbon sequestration, soil physicochemical properties, and crop yield. It was found that water and nutrient retention functions derived from soil organic matter were more dominant in sandy soils than in clay soils and that crop yield was relatively enhanced by soil carbon sequestration. The results were reported at domestic and international conferences and submitted as an original paper.

研究分野：土壌学

キーワード：土壌炭素 畑土壌肥沃度 気候変動レジリエンス キャッサバ

様 式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

土壌炭素 (SOC) は陸域最大の炭素貯蔵庫であり、土壌肥沃度の要である。そのため農地における土壌炭素貯留は、気候変動緩和への寄与にとどまらず、作物生産性の向上にとっても重要である。近年の気候変動に伴い、熱帯では干ばつや豪雨などの極端気象が多く観測されるなか、土壌炭素が少ない土壌において、極端気象条件下で作物収量が著しく制限されることが報告されている (Iizumi and Wagai, 2019)。しかしながらこれらの知見はラボスケールでの解析やメタアナリシスに基づく場合が多く、フィールドスケールで営農管理による土壌炭素貯留と土壌肥沃度向上への寄与を定量的に評価し、極端気象に対するレジリエンスとの関係までを一連の流れで明らかにした例は限られる。

2. 研究の目的

タイ農業局は、国内の6地点において、化学肥料および有機物施用に関わる長期連用試験を実施している。同試験はタイ国内の幅広い気候および土壌型をカバーしており、試験規模、継続年数ともに熱帯最大規模である。本研究では、第1に土壌の理化学性の網羅的解析を行い、長期的な営農管理の違いが、土壌炭素貯留量、土壌肥沃度および作物生育に与える影響の解明すること、第2に、土壌炭素貯留によって土壌肥沃度が向上した場合、極端気象に際した収量の低下が抑制されることを仮説として、気象データを用いて収量の変動を解析することで、土壌炭素貯留による気候変動レジリエンス向上を評価することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 調査地概要

タイ国内の6地点で実施している長期連用試験圃場を用いる。本研究ではまず、キャッサバを対象として、NPK3要素および異なる種類の有機物施用を行っているコンケン、ナコン・ラチャシマおよびラヨーンの3ヶ所と耕起方法と有機物施用の組み合わせについて検討しているロップリーに絞り土壌採取と分析を実施した (図1)。上記4圃場では、炭素投入量を始めとする圃場管理履歴を記録するとともに、土壌有機炭素濃度の変動と作物収量が毎年測定されている。



サイト	土性	作物	試験期間	炭素隔離技術
コンケン	SL	キャッサバ	1975~	NPKの三要素
ナコン・ラチャシマ	SCL			異なる種類の有機物施用
ラヨーン	SL			
コンケン	SL	キャッサバ	1980~	輪作・間作体系
ナコンサワン	LC	トウモロコシ	1981~	輪作・間作体系
				輪作
ロップリー	L	トウモロコシ	1976~	耕起・不耕起
				異なる種類の有機物施用

図1. 長期連用試験概要 L: Loam, SCL: Sandy clay loam, SL: Sandy loam, LC: Light clay

(2) サンプル採取分析および解析

耕起深度に合わせて表層 0-20 cm と次表層 20-40 cm で攪乱土および 100 mL 円筒を用いて不攪乱土を採取し、不攪乱土を用いて土壌物理性を測定し、攪乱土を用いて土壌化学性の解析を行った。

土壌物理性: 土壌硬度、土壌水分保持特性、透水性、土壌孔隙分布、耐水性団粒

土壌化学性: SOC (量および質)、窒素、リン、陽イオン、陽イオン交換容量

得られた分析値を用いて土壌炭素貯留量を算定するとともに、共分散構造分析を用いて、営農管理、土壌炭素貯留量および理化学性の関係を可視化した。

4. 研究成果

(1) 土性の異なる圃場における、営農管理の違いが土壌炭素貯留に与える影響

砂質土壌では、試験の初期段階で有意な処理区間差が認められた。一方粘土質土壌では、試験後期にのみ有意な効果が見られた。土壌炭素貯留量は (3 サイトの平均 \pm sd, $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ } 0.2 \text{ m}^{-1}$) は、NPK + 堆肥 (10.1 ± 6.5)、NPK + 残渣還元 (5.6 ± 3.1)、残渣還元 (2.8 ± 2.0)、NPK (2.0 ± 2.1)、NK (1.9 ± 1.3)、NP (1.8 ± 2.0)、N (1.2 ± 1.1) の順であり、土壌炭素貯留には有機物による炭素投入と、化学肥料による収量向上の両者が寄与していることが明らかになった。キャッサバの収量は砂質土壌において、SOC 濃度と良く相関していた。また、共分散構造分析では、3つのサイトを通して、SOC 貯留に対する有機物施用の効果が示された、さらに SOC の増加は、砂質土壌ではキャッサバの収量に正の寄与をするが、粘土質土壌では影響を与えないことが

明らかになった。

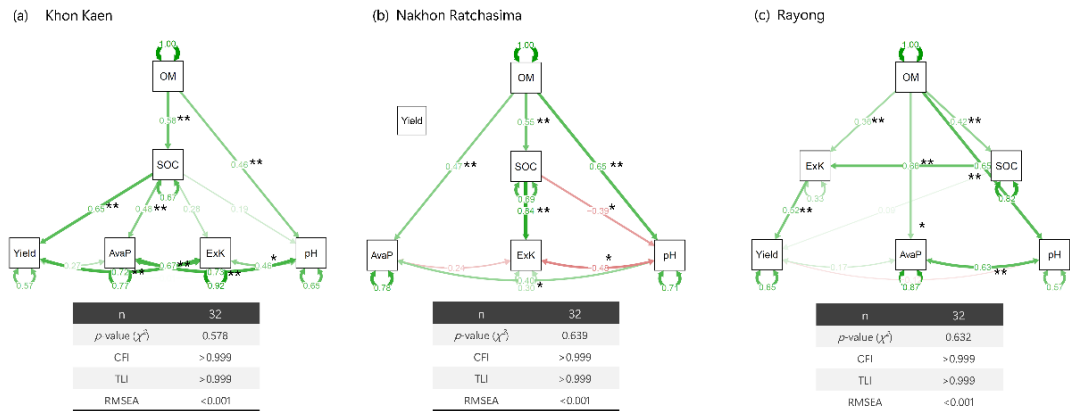


図2 共分散構造分析による営農管理、土壌炭素濃度、土壌化学性およびキャッサバ収量の関係
SOC：土壌炭素含量、ExK：交換態カリウム、AvaP：有効態リン酸、OM：有機物施用、Yield：キャッサバ収量
緑矢印は正の寄与、赤矢印は負の寄与を示す。

試験期間を10～15年で区切り、各処理区の平均SOC含量と期間中のキャッサバ収量の変動係数を算出した。両者の関係を図3に示す。3圃場を統合した場合緩やかな負の相関がみられ、特に砂質土壌であるコンケンおよびラヨンではその傾向が顕著であったことから、土壌理化学性が有機物に依存する砂質土壌においては炭素貯留を進めることで収量の安定性が向上することが示唆された。一方で個々の年における気象条件や施肥管理との相互作用は本研究では明らかにすることができなかったためさらなる研究が必要である。

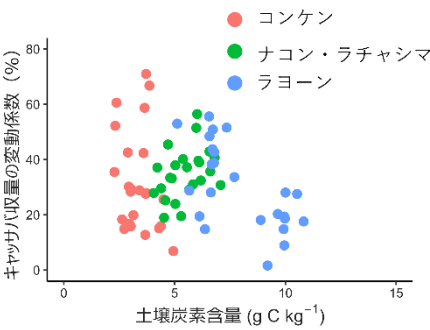


図3.土壌炭素貯留と収量の変動

(2) 中央タイ（ロップリー）における耕起方法と肥培管理が土壌炭素貯留および理化学性に与える影響

不耕起栽培による炭素貯留は、化学肥料の施用と有機物施用に強い相互作用を受けていること、堆肥と組み合わせた場合には耕起区に比べて大幅な炭素貯留が見込めることが分かった(図4)。さらにデジタル貫入式土壌硬度計を用いて60 cm深までの硬度を測定したところ、耕起区と不耕起区では有意な差が見られ(図5)、不耕起によって耕盤層が消失していた。また、表層と次表層の土壌理化学性の分析により、不耕起処理区では、土壌構造の発達がみられ、高い透水性が得られること、それに対応し、有機物施用による次表層への土壌炭素および養分蓄積は不耕起処理区で卓越することが示された。

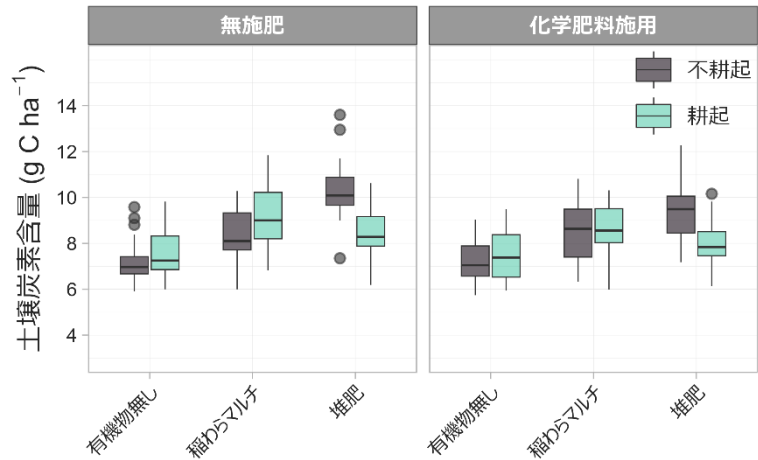


図4.耕起、施肥、および有機物施用が土壌炭素含量に与える影響

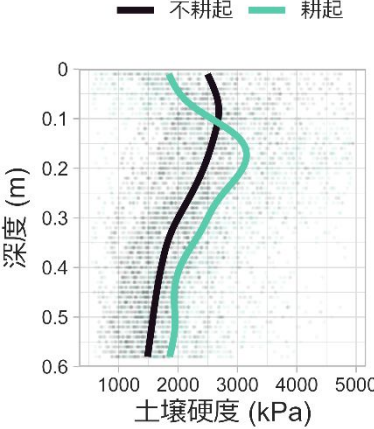


図5.耕起が土壌硬度に与える影響

引用文献

Iizumi, T., Wagai, R., 2019. Leveraging drought risk reduction for sustainable food, soil and climate via soil organic carbon sequestration. *Sci Rep* 9, 19744. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55835-y>

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1．発表者名 岩崎真也、Somrutai Tancharoe、Suphakarn Luanmanee、Wanida Nobuntou、松本成夫
2．発表標題 中央タイのトウモロコシ圃場における耕起方法と肥培管理が土壌炭素および理化学性に与える影響
3．学会等名 日本土壌肥料学会愛媛大会
4．発表年 2023年

1．発表者名 Somrutai Tancharoen, Shinya Iwasaki*, Takeshi Watanabe , Suphakarn Luanmanee , Wanida Nobuntou, Wanlee Amonpon, Netirat Chumsuwan, Kobkiet Paisancharoen, Saowaree Bumrunge, Naruo Matsumoto
2．発表標題 Four Decades of Organic Matter Application in Sandy Soils: Effects on Carbon Sequestration and Vertical Infiltration in Thailand
3．学会等名 Global Conference Sandy Soils (国際学会)
4．発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

本研究はタイ農業局土壌科学グループと実施した。対象としたタイ国内6地点での長期連用試験は、タイ農業局によって運営されている。これまでに蓄積されてきた土壌および作物収量のデータはタイ農業局を通じて共有された。また現地での土壌調査およびサンプリングは共同で行い、土壌理化学性分析は共同研究者と分担した。

6．研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------