

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06338

研究課題名（和文）熱帯アジアにおける「地域バイオ炭」を活かした低投入型農業の実践と評価

研究課題名（英文）Practice and evaluation of low-input agriculture using "locally-available biochar" in tropical Asia

研究代表者

及川 洋征（OIKAWA, Yosei）

東京農工大学・（連合）農学研究科（研究院）・講師

研究者番号：70323756

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：カンボジアの天水農業地域における低投入型農業の改良をめざして、未利用植生や作物残渣等から「地域バイオ炭」を作製し、施用効果を評価した。カンボジアおよび国内においてアブラナ属葉菜類のポット栽培試験を行った。コンポンチュナン州の畑地土壌を用いた栽培試験では、ヒマワリヒヨドリ茎葉およびドリアン果皮由来のバイオ炭は、リンとカリウムの供給において慣行肥料を代替できる可能性が示唆された。また、コンポンチャム州の自然堤防土壌を用いた栽培試験では、バイオ炭または食酢（米酢）の単独施用に比べて、バイオ炭と食酢の組み合わせにより生育収量を増加させる効果が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

熱帯アジアの現地材料を調達し小規模な炭化炉で作製可能なバイオ炭として、ヒマワリヒヨドリ茎葉およびドリアン果皮由来のバイオ炭に着目し、これらを砂質の畑地土壌に施用することにより作物栽培に必要な肥料投入量を減らすことができた。バイオ炭は土壌改良資材としては広く認知されているが、代替肥料としての利用可能性もあることが本研究において示唆された。今回、バイオ炭とともに食酢の施用についても検討し、混合施用の効果が確認された。カンボジアだけでなく他の熱帯アジア地域においても導入・実践可能な技術として期待できる。

研究成果の概要（英文）：Aiming to improve low-input agriculture in rain-fed agricultural regions in Cambodia, we produced "locally-available biochars" derived from unused vegetation and crop residues, and evaluated their effects on cultivation. Pot cultivation experiments of Brassica leafy vegetables using the biochars were conducted in Cambodia and Japan. The experiment using a sandy upland soil in Kampong Chhnang Province suggested that biochar derived from *Chromolaena odorata* and durian shell could replace conventional fertilizers in supplying phosphorus and potassium. In addition, in pot experiments using natural levee soil in Kampong Cham Province, we confirmed that the combination of biochar and rice vinegar was effective in increasing the growth and yield compared to the single application of biochar or vinegar.

研究分野：熱帯環境農学

キーワード：カンボジア バイオ炭 無肥料栽培

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

熱帯途上地域の農村では、雑草や作物残渣といった地域バイオマスから「地域バイオ炭」を作製・施用することにより、酸性土壌の改良とともに肥料投入の削減、費用節約、作物の健全な生育といった効果が期待される。

バイオ炭は一般に栄養分(特に窒素)に乏しく、肥料と組み合わせる必要があると考えられているが、申請者はカンボジアにおいてヒマワリヒヨドリ茎葉およびドリアン果皮からバイオ炭を作製し、養分に乏しい砂質土を用いてポット試験を行った結果、バイオ炭の単独施用による栽培の可能性が示唆された。つまりバイオ炭によっては肥料分がある程度含まれており、低投入型農業が実践可能であると考えられた。

様々なバイオ炭に関する研究成果が数多く報告されているなかで、途上地域の農業農村開発の現場ではバイオ炭施用の成果に関する報告はまだ限られている。そのため、より現地農家に近く、かつ農業生産が行われている圃場において実証試験を行う必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、熱帯アジア農村、特にカンボジアの天水農業地域を対象に、未利用植生や作物残渣等から「地域バイオ炭」を作製し、地域バイオ炭のみを用いた、あるいは施肥量を減らした低投入型農業の実証試験を行うことを当初の目的とした。研究期間を通してコロナ禍の影響を受けたため、当初計画を見直し、以下(1)~(3)のポット栽培による低投入型栽培の実証試験を行った。これらと最終年度の現地農村踏査をもとに(4)において考察を行った。

(1) 砂質土壌を用いた予備試験

東京農工大学での予備試験として、真砂土を用いたポット栽培試験を試行し、セイタカアワダチソウ由来のバイオ炭と食酢(米酢)の施用効果を評価する。

(2) カンボジアの畑地土壌における低投入型栽培の実証試験

コンポンチュナン州の砂質畑地土壌を用いたポット栽培試験を行い、ヒマワリヒヨドリ茎葉およびドリアン果皮由来のバイオ炭を用いたそれらの施用効果を評価する。

(3) カンボジアの自然堤防土壌における低投入型栽培の実証試験

コンポンチャム州メコン河自然堤防土壌を用いたポット栽培試験を行い、ヒマワリヒヨドリ茎葉およびドリアン果皮由来のバイオ炭と食酢(米酢)の施用効果を評価する。

(4) 地域バイオ炭を用いた低投入型農業技術の課題

小規模農家経営における低投入型農業の実践、特に地域バイオ炭を用いた技術導入の可能性と課題を考察する。

3. 研究の方法

(1) 真砂土を用いた予備試験

セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*) 茎葉からバイオ炭を作製し、バイオ炭と米酢の単独・混合施用効果について真砂土を用いたポット栽培試験により検討した。作製した雑草バイオ炭・市販の米酢を真砂土の表層に施用した後、ケール (*Brassica oleracea* var. *acephala*) を栽培した。なお、本試験およびカンボジアで用いた各種バイオ炭は、小型炭化器(香蘭産業・ミニミニ燻燃器)を用い、ほぼ同じ炭化条件(約400℃、約1時間)で作製した。

(2) カンボジアの畑地土壌における低投入型栽培の実証試験

先行科研費補助事業(17H04487)により2019年度にカンボジア・カンダル州タクマウ町において実施したポット試験のデータを追加分析し、低投入型栽培に向けた知見を整理した。このポット試験では、コンポンチュナン州の砂質畑地土壌を用い、ヒマワリヒヨドリ (*Chromolaena odorata*) 茎葉及びドリアン (*Durio zibethinus*) 果皮由来のバイオ炭を施用して、アブラナ属葉菜のKuang futsoi (サイシン: *Brassica chinensis* var. *parachinensis*) を栽培した。栽培後、それぞれのバイオ炭施用区(ヘクタールあたり5トンと15トン)の生育収量と土壌特性を比較した。

(3) カンボジアの自然堤防土壌における低投入型栽培の実証試験

アブラナ属葉菜 (*Brassica rapa*) のポット栽培試験をカンボジア・カンダル州タクマウ町において行った。このポット試験では、コンポンチャム州のメコン河自然堤防上の比較的肥沃な砂質土壌を用いた。

ドリアン果皮由来のバイオ炭(ヘクタールあたり10トン)と市販の食酢(米酢)の単独・混合施用効果を評価した。栽培試験は2022年8月から4ヶ月間、同じポットを用いて2回連続

して行った。食酢は水道水と混ぜて5%と17%の濃度に薄めたものを施用した。

ヒマワリヒヨドリ茎葉由来のバイオ炭(ヘクタール当たり8トン)と市販の食酢(米酢)の施用効果を評価した。栽培試験は、2023年3月下旬から6月上旬にかけて行った。

(4) 地域バイオ炭を用いた低投入型農業技術の課題

カンボジア国内の小規模農家による低投入型農業の事例として、ポーサット州のホームガーデンとバットンバン州の種子生産用稲作の事例を考察した。また、(3)のコンポンチュナン州(平地の畑地土壌)と(4)のコンボンチャム州(自然堤防上のホームガーデン土壌)における作物生産と土壌管理について検討した。

4. 研究成果

(1) 真砂土を用いた予備試験

ケールはすべての実験区・対照区において小個体に留まり、通常栽培される大きさには生育しなかった。ただし、バイオ炭と食酢の混合施用区においては、対照区(無施肥)・バイオ炭のみ施用区・食酢のみ施用区に比べて、有意に高い収量が得られた。

(2) カンボジアの畑地土壌における低投入型栽培の実証試験

ヒマワリヒヨドリ茎葉バイオ炭(SB)およびドリアン果皮バイオ炭(DB)が投入された結果、ヘクタールあたり15トン施用区に比較して、5トン施用区では収量が顕著に高く、土壌中に交換性塩基がやや多く含まれていた。いずれのバイオ炭についても、リンおよびカリウム肥料を代替できる投入資材として利用可能であると考えられた。

収穫後の土壌における交換性カリウム(K)と水抽出性リン酸(P)は、DB15 > SB15 > DB5 > SB5 > 対照区の順に多く含まれていた。DB15、SB15、DB5、SB5の交換性Kは、対照区と比較してそれぞれ594%、149%、126%、36%多く含まれていた。また、DB15、SB15、DB5、SB5の水抽出性リン酸についても、対照区に比べそれぞれ3136%、1413%、158%、137%多く含まれていた。これらのバイオ炭施用により、作物収穫後に交換性Kと水抽出性Pを増加させることが確認でき特にDB15、次にSB15の効果が大きかった(図1)。どちらのバイオ炭も従来のK肥料とP肥料を代替する可能性が認められた。

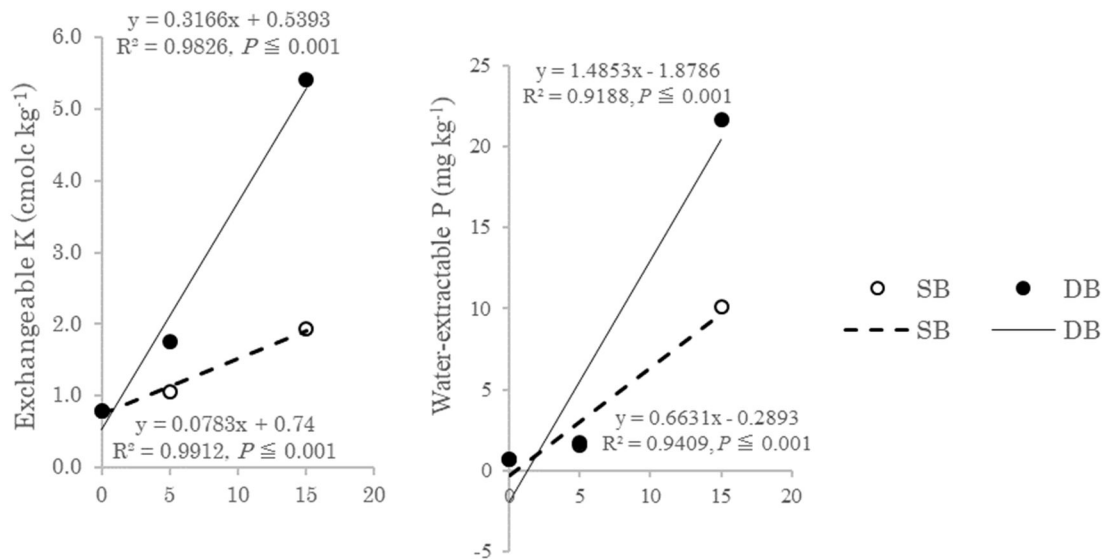


図1. ヒマワリヒヨドリ茎葉バイオ炭(SB)・ドリアン果皮バイオ炭(DB)のヘクタール当たり換算施用量(横軸)と収穫後土壌における交換性カリウムおよび水抽出性リン酸(縦軸)の関係

(3) カンボジアの自然堤防土壌における低投入型栽培の実証試験

ドリアン果皮バイオ炭と食酢を用いた栽培

食酢の施用については、酢濃度17%区(pH 2.6)は、酢5%区(pH 2.8)と比較して1回目の栽培で収量を増加させたが、2回目の違いは明確ではなかった。土壌特性は1回目と2回目の間で明確な差はみられなかった。

ドリアン果皮バイオ炭施用については、対照区(無投入)と比べて1回目の生育収量を増加させず、2回目で増加させた。土中に残る養分が次の作付にも役立つと考えられるが、より少量のバイオ炭投入が提案できるかもしれない。

ドリアン果皮バイオ炭と食酢の組み合わせについては、1回目・2回目ともに作物の生育収量に寄与した。ただしバイオ炭と酢17%の組み合わせ区と、バイオ炭と酢5%の組み合わせ区とは、生育収量と土壌特性に有意な違いはみられなかった。

ヒマワリヒヨドリ茎葉バイオ炭と食酢を用いた栽培

ヒマワリヒヨドリ茎葉バイオ炭(SB)と食酢(V)を用いた栽培試験では、バイオ炭と食酢の施用によるバイオマスの大幅な増加が確認できた。収量(地上部重)、根重、および合計重はいずれも、SB+V5% > SB+V17% > V5% > V17% > SB > 対照区の順となった。SB+V5%、SB+V17%、SB5%、V17%、SB は、収量をそれぞれ 391%、178%、171%、149%、126% 増加させ、根重をそれぞれ 394%、183%、111%、106%、78%)、さらに合計重を 395%、180%、172%、151%、127% 増加させた(図2)。

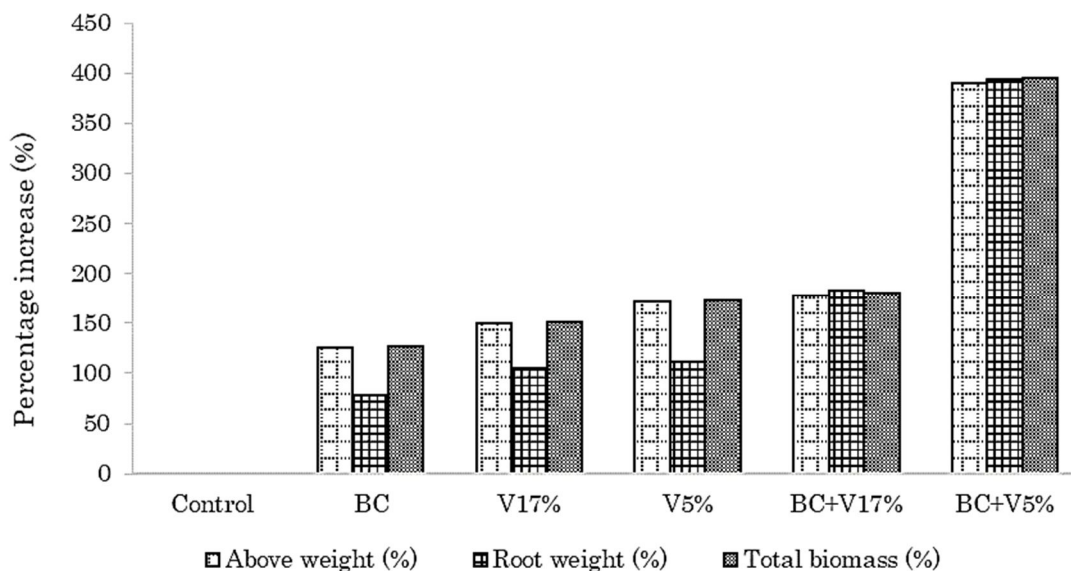


図2. ヒマワリヒヨドリ茎葉バイオ炭と食酢の施用効果

(4) 地域バイオ炭を用いた低投入型農業技術の課題

ヒマワリヒヨドリ茎葉とドリアン果皮のバイオ炭をそれぞれ単独で使用すると、土壤に直接栄養素が供給され、作物の成長を促進する。バイオ炭を過剰に施用した際、作物の初期生長を阻害するリスクはあるが、収穫時に残っている土壤栄養素は、次の作付以降に徐々に利用されうると考えられる。小規模農家による野菜生産を想定した場合、これらバイオ炭は代替肥料の選択肢となりうると考えられる。

カンボジアのなかでは肥沃とされる自然堤防土壤において、バイオ炭と食酢の施用が作物栽培に有効であることが示唆された。現地の養分に乏しい砂質土壤においても、バイオ炭と食酢の混合施用による効果を検証するとともに、これらの投入効果を高めコストを節約するため、より適切な組み合わせをさらに検討していく必要がある。

化学肥料や農薬を購入・使用することなく、一定量の農産物を生産していく事例として、ホームガーデンにおける生産や浮稲栽培の事例が参考になるかもしれない。地域バイオ炭を用いた低投入型農業を農家に普及させるには、現地で入手が容易なオウギヤシ(*Borassus flabellifer*)の葉・葉柄やホテイアオイ(*Pontederia crassipes*)をバイオ炭資材として利用することが考えられる。

本研究では、ヒマワリヒヨドリ茎葉とドリアン果皮由来のバイオ炭が、熱帯地域の酸性の砂質土壤において農作物の成長と土壤肥沃度を高める土壤改良資材の選択肢となることを明らかにした。地域バイオ炭を用いた作物栽培は、化学肥料・農薬を控えるという点では低投入型であるが、効率的なバイオ炭作製技術をさらに改良する必要がある。また、バイオ炭の施用量を抑え、投入コストを節約することによって、小規模農家にとって作物栽培と土壤特性をとともに向上させる現実的な選択肢となると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Vicheka LORN, Yosei OIKAWA, Keisuke KATSURA, Haruo TANAKA, Mitsunori TARAO, Seishu TOJO |
| 2. 発表標題 Low-input cultivation using biochar derived from Siam weed and durian shell: A pot trial in Cambodia |
| 3. 学会等名 日本熱帯農業学会第129回講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Vicheka LORN, Yosei OIKAWA, Haruo TANAKA, Mitsunori TARAO, Seishu TOJO |
| 2. 発表標題 Vegetable cultivation using durian shell biochar and rice vinegar in a natural embankment soil of the Mekong River in Kampong Cham, Cambodia |
| 3. 学会等名 日本熱帯農業学会第133回講演会 |
| 4. 発表年 2023年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 |
|-------|---|--|----|
| 研究分担者 | 桂 圭佑 (KATSURA Keisuke) (20432338) | 東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授 (12605) | |

| | 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 |
|-------|---------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | ローン ヴィチェカ (LORN Vicheka) | 東京農工大学・大学院農学府・研究生 | |

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 |
|---------|---------|
|---------|---------|