

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 28 日現在

機関番号：33114

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02310

研究課題名(和文) 緑肥導入体系における土壌微生物および小動物の動態と作物生産性

研究課題名(英文) Dynamics of micro-organism and small animals in the soil and their contribution to crop productivity in cover cropping

研究代表者

荒木 肇 (Araki, Hajime)

新潟食料農業大学・食料産業学科・教授

研究者番号：30183148

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：持続的農業生産の生物学的ツールである緑肥機能を、土壌の生物性から調査した。緑肥は、土壌すき込み後に窒素を放出して後作物生育に寄与する。土壌線虫の種類と個体数の調査から、緑肥すき込みで細菌が優占する環境が形成され、土壌肥沃度の向上が明らかになった。窒素無機化では、根域土壌ではグリコシダーゼ活性や土壌微生物バイオマスが増加させ、微生物作用の指標になった。緑肥-不耕起でも微生物変動を誘起し、団粒サイズが微生物種と有機物分解に影響した。長期緑肥栽培では、ライムギ-不耕起体系で、温暖化係数が低減し、土壌炭素量増加により土壌特性と生産性の改善が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土壌線虫指標により、緑肥による土壌内微生物変化と肥沃性向上への関与を証明した。窒素無機化は根域土壌でのグリコシダーゼ活性や土壌微生物バイオマス増加から始まり、窒素利用に特定微生物の役割やネットワーク形成を見出し、緑肥分解ステージや団粒サイズの影響も認めたことは新規知見である。緑肥と不耕起栽培を結合させた農法は温暖化係数の低減に寄与し、多量の土壌炭素蓄積が土壌環境と生産性を改善する実証データを提示した。

研究成果の概要(英文)：The function of cover crop, which is a biological tool for sustainable agricultural production, was investigated from the biological properties of soil. Cover crops release nitrogen after incorporation into soil and contribute to the growth of subsequent crops. Surveys of kind and population soil nematodes have revealed that cover crop has created a bacterial-dominated environment and improved soil fertility. In nitrogen mineralization, -glycosidase activity and soil microbial biomass, which became indicators of microbial activity, increased in bulk soil. The farming practice with cover crop and no-tillage also induced microbial variation, and aggregate size affected microbial species and organic matter degradation. In long-term practice, Rye (cover crop) and no-tillage system reduced the global warming potential. The soil properties and productivity were improved by increasing of soil carbon amount in soil.

研究分野：農業生産学

キーワード：緑肥 ヘアリーベッチ ライムギ 土壌微生物 線虫 土壌団粒 地球温暖化係数 土壌炭素

研究開始当初の背景

- (1) 緑肥は持続的農業生産の生物学的ツールの1つで、多量のバイオマスから土壌炭素貯留や有機物分解に伴う後作作物への窒素供給が重要な特徴である。
- (2) 緑肥種(イネ科やマメ科)、緑肥の処理法(すき込みやマルチ)や耕起法(不耕起等)により、窒素供給や炭素貯留は変化する。
- (3) 有機物分解は微生物や小動物の活動による。緑肥投入により土壌生物の多様化が指摘されるが、窒素供給に関するメカニズムはあいまいである。
- (4) 作物生産の視点から「農法(圃場管理) 微生物・小動物動態 - 作物生産性」の関係把握により、緑肥技術が普遍的な農法に近づく。

研究目的

(1) 緑肥の処理方法と土壌内生物性の変化および生産性

緑肥生産には単作と混作があり、その処理にもすき込むとマルチングがある。このような農法と作物生産性の関係は本研究の基礎である。土壌線虫の種類とその個体数から、緑肥処理における土壌内生物性評価(優占微生物・肥沃度・食物網発達度)が可能である。

(2) 緑肥から窒素供給に関する微生物の解析

緑肥の重要な機能の1つは無機態窒素の後作作物への提供である。無機態窒素供給は緑肥の分解過程に依存する。しかし、分解過程において無機態窒素の供給と後作作物の利用に関する生物学的メカニズムは解析されていない(図1)。

根域土壌(根の生育域)ではバクテリアと糸状菌が緑肥残渣からの無機態窒素供給に重要な役割を担う。根圏(根の至近域)

でも微生物が窒素吸収に関与する。

本研究では 根域土壌での窒素無機化に関する微生物の特定 および 根圏土壌における後作作物と微生物との相互作用を調査した。

さらに、緑肥長期栽培試験において炭素蓄積に有効と認められた緑肥 不耕起圃場での団粒形成とそこでの微生物叢も調査し、緑肥農法効果の生物学的知見を得る。

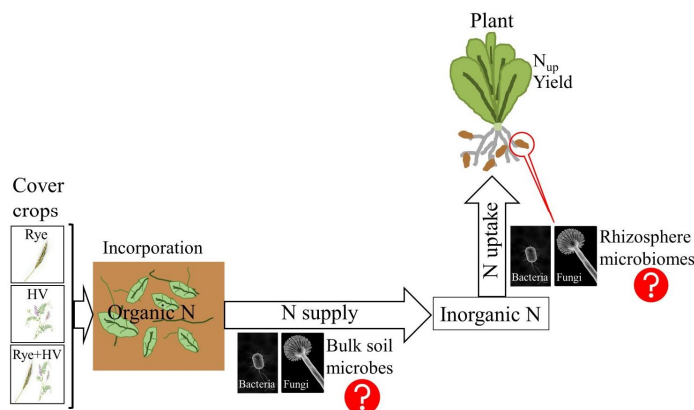


図1 緑肥の分解から作物の窒素吸収の流れ

(3) 長期緑肥栽培圃場での炭素貯留と作物生産性の解析

日本では、農耕地の炭素貯留量について、堆肥や緑肥利用による土壌炭素の増加が期待されるが、その定量的効果の知見は不足している。土壌かく乱を最小限とする不耕起栽培も土壌炭素貯留を増加させる農法として注目される。長期緑肥栽培試験から「炭素貯留 土壌環境 作物生産性」の科学的評価を試みた。

研究の方法

(1) 緑肥残渣の管理方法と生産性および線虫を利用した土壌内生物性の変化

緑肥(ヘアリーベッチ HV とライムギ Rye)の残渣管理法とトマト生産性を北海道大学のハウスで調査した。CN コーダーでトマトと土壌中の炭素・窒素を測定するとともに、緑肥 Rye 由来窒素動態を、安定同位体 ^{15}N を利用して測定した。緑肥を施用ハウス土壌を供試して、検出された土壌線虫の種類とその個体数から、Channel Index (CI 優占微生物)、Enrichment Index (EI 肥沃度)、Structure Index (SI 食物網発達度)を計算し、土壌生態系の構造を解析した。定植直前に一部圃場に堆肥(コンポスト)を投入し、堆肥とも比較した。

(2) 緑肥施用圃場における土壌微生物の動態解析

北海道大学において2017年と2018年にポット試験と圃場試験を行った。緑肥処理は緑肥無、Rye、HV Mix (HV + Rye) の4処理とした。ポット試験、圃場試験ともリーフレタスを緑肥すき込み5日後に定植し、生育途中株(Mid)と成熟株(Mature)を収穫して、レタスの窒素吸収と土壌微生物を調査した。

根域土壌の無機態窒素、 β -glucosidase 酵素(BG)と土壌微生物バイオマス(SMB)を測定した。ポットの根域および根圏土壌からDNAベースのバクテリアと糸状菌を単離・定量した。緑肥分解に関与する微生物群集(門や科)の相対存在量を求め、BG活性、土壌微生物バイオマス、レタスの窒素吸収および収量との関連を解析した。

茨城大学の長期緑肥栽培圃場で団粒形成を調査し、その団粒における微生物活性を調査した。

(3) 長期緑肥栽培圃場での炭素貯留と作物生産性の解析

茨城大学では緑肥種(HV, Rye, 無)と耕起法(プラウ・ロータリ・不耕起)を要因として、2002年以降、長期の緑肥栽培試験を継続している。その圃場において、土壌炭素量、土壌からの二酸化炭素、亜酸化窒素放出を測定し、温暖化係数を算出した。土壌パラメータとして土壌全炭素、土壌全窒素、C/N比、可給態リン酸、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウムおよび交換性ナトリウム、陽イオン交換容量、腐植化度、土壌乾燥密度、土壌硬度、土壌粒度分布、および土壌微生物の基質誘導呼吸量を測定した。これら土壌パラメータ炭素貯留との関連を評価した。

研究成果

(1) 施設トマト生産における緑肥残渣管理と生産性

微生物バイオマス窒素、土壌中の利用可能窒素およびトマト収量はHV単独緑肥で増加し、すき込まれた時に顕著であった。しかし、それらに及ぼすHVとRyeの混合緑肥の効果は残渣のC/N比により変化した。混合緑肥(HV + Rye)のC/N比が17.6の時に効果的で、HVとRyeの播種割合(重量比)が2:1で創出可能である。

混合緑肥(HVとRye)では窒素放出(無機化)のパターンが変わり、HV残渣からは生育初期ばかりではなく後期にも窒素を放出し、Rye残渣からも単独Ryeより多くの窒素が放出された。

(2) 土壤線虫による土壤生態系の解析

土壤線虫の総個体数の推移をみると、HV すき込み 1 か月および 2 か月後の土壤で有意に高い値を示した。堆肥施用による影響はどの調査日においても認められなかった。HV のすき込みは CI (優占微生物) と EI (肥沃度) を高めたことから、細菌による有機物分解が促進され、土壤肥沃度が増加したことが線虫動態からも立証された。ヘアリーベッチ影響は 2 か月であった。

(3) 緑肥施用圃場・ポットにおける土壤微生物の動態解析

窒素の利用可能性を土壤中の無機態窒素として評価すると、 $HV > rye+HV > rye = control$ であった。圃場において HV と Rye+HV は他よりレタス収量を増加させ、HV と Rye+HV は窒素の代替肥料効果を有するといえる。

他方、ポット試験において、HV 効果は初期の土壤炭素に依存し、その結果として生育途中 (mid stage) のレタス成長は 2017 年には抑制、2018 年には促進の傾向が認められた。根圏土壤分析では、2017 年の HV 施用では作物 (レタス) と関連バクテリア群集とレタスの窒素吸収および収量には negative な関係を認めた。反対に、2018 年の HV 処理ポットでの旺盛なレタス成長では、窒素吸収や収量促進に直接的・間接的に positive に関与する微生物群集を作物 (レタス) 根が求めていることが示された (図 2)。

根域土壤では、すき込み後 5-10 日に緑肥施用では無施用に比べて、バクテリアと糸状菌 DNA が相対的にたかく、15 日まで活発な窒素無機化期間を伴った。さらに無機化期間において、根域土壤の微生物は BG (β -glucosidase) 活性や土壤微生物バイオマス (SMB) を増加させた。これは BG (β -glucosidase) 活性や土壤微生物バイオマス (SMB) が窒素供給可能環境の微生物作用の指標になるといえる。科レベルにおいて *Parachlamydiaceae* と unidentified bacteria of class SAR202 は、BG (β -glucosidase) 活性や土壤微生物バイオマス (SMB) との間に、HV と Rye+HV 処理では positive に、Rye 処理では negative な関係が存在した。これは、それぞれ

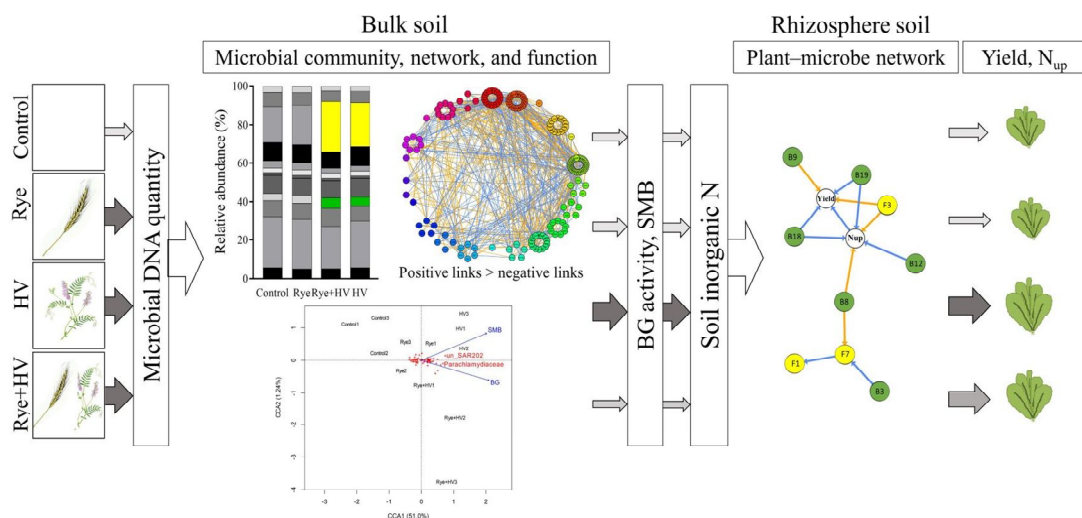


図2 根域と根圏土壤における微生物ネットワークを介した窒素無機化と作物吸収のイメージ

の緑肥処理では、窒素利用に関して特定の微生物の役割が形成されていることを示している。

(4) ライムギ緑肥 - 不耕起圃場における土壌団粒内微生物叢と有機物分解性

ライムギ緑肥を栽培して、その後ライムギを刈り倒して不耕起での作物栽培体系(ライムギー不耕起)において、土壌表層へ大量な植物体由来有機物が供給されたため、粒径サイズの大きいマクロ団粒の形成を促進した。

マクロ団粒では *Gammaproteobacteria* 綱 *Pseudomonadales* 目 *Pseudomonadaceae* 科の OTU (operational taxonomic unit) 相対存在比が増加した。*Pseudomonadaceae* 科由来の機能遺伝子を抽出すると、カバークロープ刈倒し前後で β -グルコシダーゼをコードする *bgIX* 遺伝子コピー数が増加した。*Pseudomonadaceae* 科細菌は、有機物を分解する。ライムギー不耕起圃場では有機物分解能を有する土壌細菌群集の優占と有機物分解性の促進が示唆された。

(5) 長期緑肥栽培圃場での炭素貯留と作物生産性の解析

不耕起とライムギ緑肥利用によって土壌の炭素貯留量が著しく増加した結果、地球温暖化係数 (GWP : Global Warming Potential) は、 $-2324 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ となり、温暖化を緩和することが示された。作物収量あたりの GWP は、 $-1037 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent Mg}^{-1} \text{ soybean yield}$ となった。これに対して、HV を栽培してプラウ耕の圃場では温暖化指数は $421 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ で、 CO_2 排出を認めた。不耕起で緑肥栽培がない場合は $-907 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ であった。すなわち、ライムギー不耕起体系での地球温暖化係数低下は大きいといえる。

土壌特性のパラメータを正規化し、その積算値 (= 土壌評価値) と土壌炭素量との相関分析を行った結果、土壌炭素量が増加するにつれて、土壌の化学性、生物性、物理性および生産性が改善されることが明らかとなった (図3)。不耕起栽培とカバークロープを組み合わせが環境保全と生産性という相互に利益のある農法であることが認められた。

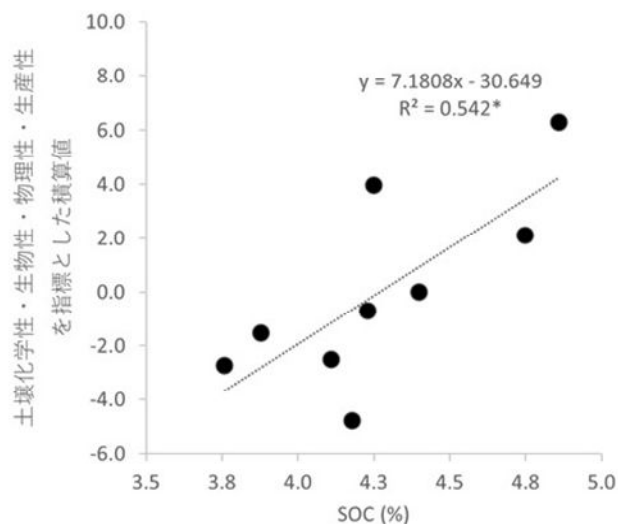


図3 土壌炭素と正規化した土壌化学性、土壌物理性、土壌生物性および作物収量パラメータの積算地との相関

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Muchanga Rafael A., Hirata Toshiyuki, Araki Hajime	4. 巻 54
2. 論文標題 Hairy Vetch and Livestock Compost Improve Soil Carbon and Nitrogen, and Fresh-market Tomato Yield	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 HortScience	6. 最初と最後の頁 1023 ~ 1030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21273/HORTSCI113828-18	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Muchanga Rafael A., Hirata Toshiyuki, Uchida Yoshitaka, Hatano Ryusuke, Araki Hajime	4. 巻 112
2. 論文標題 Soil carbon and nitrogen and tomato yield response to cover crop management	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agronomy Journal	6. 最初と最後の頁 1636 ~ 1648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/agj2.20098	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Muchanga A. Rafael, Uchida Yoshitaka, Hirata Toshiyuki, Hatano Ryusuke and Araki Hajime	4. 巻 89
2. 論文標題 Dynamics of N Derived from 15N-labeled Rye in Soil - tomato System as Influenced by Cover Crop Residue Management.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Horticulture Journal	6. 最初と最後の頁 394-402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2503/hortj.UTD-132	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Chinta Yufita Dwi, Uchida Yoshitaka, Araki Hajime	4. 巻 270
2. 論文標題 Availability of nitrogen supply from cover crops during residual decomposition by soil microorganisms and its utilization by lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientia Horticulturae	6. 最初と最後の頁 109415 ~ 109415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scienta.2020.109415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Chinta Y.D., Uchida Y., Araki H.	4. 巻 1286
2. 論文標題 Improvements of soil biological properties with hairy vetch (<i>Vicia villosa</i> Roth) and rye (<i>Secale cereale</i> L.) and the contributions to lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) production	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 111 ~ 118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2020.1286.16	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gong Yingting, Li Peiran, Sakagami Nobuo, Komatsuzaki Masakazu	4. 巻 205
2. 論文標題 No-tillage with rye cover crop can reduce net global warming potential and yield-scaled global warming potential in the long-term organic soybean field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soil and Tillage Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.still.2020.104747	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wulanningtyas Heppy Suci, Gong Yingting, Li Peiran, Sakagami Nobuo, Nishiwaki Junko, Komatsuzaki Masakazu	4. 巻 205
2. 論文標題 A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soil and Tillage Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.still.2020.104749	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gong Yingting, Li Peiran, Lu Wenyi, Nishiwaki Junko, Komatsuzaki Masakazu	4. 巻 386
2. 論文標題 Response of soil carbon dioxide emissions to no-tillage and moldboard plow systems on Andosols in a humid, subtropical climate, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geoderma	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geoderma.2020.114920	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yufita Dwi Chinta, Yoshitaka Uchida, Hajime Araki	4. 巻 In print
2. 論文標題 A field study of cover crops to improve soil biochemical properties in bulk and rhizosphere soils of lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.).	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 In print
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Imafuku Rica, Masakazu Komatsuzaki, Takahiro Ito, Yinghui Mu, Hajime Araki	4. 巻 In print
2. 論文標題 Integrated sustainability evaluation of field environment for the combinations of tillage and cover crop practices by FAO-SAFA (sustainability assessment of food and agriculture systems) applied with a modified rating method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan. J. Farm Work Res	6. 最初と最後の頁 In print
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Muchanga R.A., Hirata T., Araki H.	4. 巻 1286
2. 論文標題 Effects of hairy vetch and livestock compost on soil properties and quality of fresh-market tomato fruit	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 91 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2020.1286.13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 今福梨花・荒木肇・小松崎将一・伊藤崇浩
2. 発表標題 FAO-SAFAの環境指標を利用した持続可能な農業の評価研究
3. 学会等名 日本農作業学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿蘇日和, 中根麻冴美, 荒木 肇, 小松崎将一, 太田寛行, 西澤智康
2. 発表標題 イネ科カバークロープ-不耕起栽培畑地土壌の耐水性団粒構造と微生物叢の解析
3. 学会等名 日本土壌微生物学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿蘇日和, 中根麻冴美, 荒木 肇, 小松崎将一, 太田寛行, 西澤智康
2. 発表標題 カバークロープ施用畑地土壌における土壌団粒微生物の動態解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ゴンインティン・李沛然・坂上伸生・小松崎将一
2. 発表標題 気候変動対応型農業としての不耕起とカバークロープ の利用
3. 学会等名 日本農作業学会2020年度春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yingting Gong・Peiran Li・Masakazu Komatsuzaki
2. 発表標題 Rye Cover Crops Reduce Net GWP and Increase Soil Organic Carbon in Tillage and No-tillage Agroecosystems
3. 学会等名 21st International Soil Tillage Research Organization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yingting Gong · Peiran Li · Masakazu Komatsuzaki
2. 発表標題 Effects of no-tillage with cover crop systems on soil greenhouse gas emissions in long-term soybean production
3. 学会等名 日本農作業学会2020年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rafael A. Muchanga, Toshiyuki Hirata and Araki Hajime
2. 発表標題 Effect of Hairy Vetch (<i>Vicia Villosa</i> Roth) and Livestock Compost on Soil properties, Fresh-market Tomato Yield and Fruit Quality
3. 学会等名 International Horticulture Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yufita Dwi CHINTA · Yoshitaka UCHIDA · Hajime ARAKI
2. 発表標題 Improvements of soil biological properties with hairy vetch (<i>Vicia villosa</i> Roth) and rye (<i>Secale cereale</i> L.) and the contributions to lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) production
3. 学会等名 International Horticulture Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Rafael A. Muchanga and Araki Hajime
2. 発表標題 Influence of hairy vetch and rye on soil N availability, nitrogen use efficiency, fresh-market tomato yield, and fruit quality
3. 学会等名 園芸学会平成31年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yufita Dwi CHINTA・Yoshitaka UCHIDA・Hajime ARAKI
2. 発表標題 Comparison between conventional and organic farming systems using hairy vetch and rye on soil nitrogen and microbial status
3. 学会等名 日本土壌肥料学会 2018年北海道支部秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yufita Dwi CHINTA・Yoshitaka UCHIDA・Hajime ARAKI
2. 発表標題 Relationships between microbes and soil nitrogen under green manures application
3. 学会等名 日本生態学会66回
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 穎亨・李沛然・西脇淳子・坂上伸生・廬文藝・小松崎将一
2. 発表標題 不耕起とカバークロップの組み合わせによる脱炭素型農作業システムの評価
3. 学会等名 日本農作業学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qiliang Huang・Yingting Gong・Peiran Li・Masakazu Komatsuzaki
2. 発表標題 Cover crop decomposition rate difference between no-tillage and moldboard plowing in relation to biochar application
3. 学会等名 日本農作業学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Li Zhenrui・Komatsuzaki Masakazu・Ryoma Saito
2. 発表標題 Changes of Soil Chemical and Physical Parameter in the relation to the use of Cover Crops in Greenhouse Vegetables Production
3. 学会等名 日本農作業学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yufita Dwi Chinta , Yoshitaka Uchida , Hajime Araki
2. 発表標題 A field study of cover crops to improve soil biochemical properties in bulk and rhizosphere soils of lettuce (Lactuca sativa L.)
3. 学会等名 Third Asian Horticulture Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Masakazu Komatsuzaki, Takahiro Ito, Tiejun Zhao, and Hajime Araki	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 240
3. 書名 Recycle Based Organic Agriculture in a City. (担当部分はChapter 8. Cover crop Farming system.)	

1. 著者名 Muchanga, A. Rafael and Araki Hajime	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Intechopen	5. 総ページ数 -
3. 書名 Nitrogen in agriculture – Physiological, agricultural and ecological aspects.(担当 Chapter;Cover crop residue management for effective use of mineralized nitrogen in greenhouse tomato production.)	

〔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	小松崎 将一 (Komatsuzaki Masakazu) (10205510)	茨城大学・農学部・教授 (12101)	
研究分担者	伊藤 崇浩 (Ito Takahiro) (10826457)	新潟食料農業大学・食料産業学科・講師 (33114)	
研究分担者	西澤 智康 (Nishizawa Tomoyasu) (40722111)	茨城大学・農学部・准教授 (12101)	
研究分担者	内田 義崇 (Uchida Yoshitaka) (70705251)	北海道大学・農学研究院・准教授 (10101)	

	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	表記ナシ 表記ナシ (Muchanga Rafael)		
研究協力者	表記ナシ 表記ナシ (Yufita Chinta)		

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
---------	---------