

戦略的プロジェクト研究推進事業

「収益力向上のための研究開発」

令和元年度 最終年度報告書

中課題番号	15653449
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発

研究実施期間	平成27年度～令和元年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター
研究開発責任者	大谷 卓
研究開発責任者 連絡先	TEL : 029-838-8877
	FAX : 029-838-8484
	E-mail : otanit@affrc.go.jp
共同研究機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 (中央農業研究センター、九州沖縄農業研究センター)
	千葉県農林総合研究センター
	秋田県立大学
	秋田県農業試験場
	雪印種苗株式会社
	長崎県農林技術開発センター
	山梨県総合農業技術センター
	栃木県農業試験場
	長野県野菜花き試験場
	愛知県農業総合試験場
	三重県農業研究所
	福岡県農林業総合試験場
	岡山県農林水産総合センター（農業研究所、畜産研究所、普及連携部）
	静岡県農林技術研究所
	神奈川県農業技術センター
新潟県農業総合研究所畜産研究センター	
普及・実用化 支援組織	株式会社テクノマックス南日本
	三重県中央農業改良普及センター
	株式会社すずき牧場
	福岡県久留米改良普及センター
	三興株式会社
	株式会社ホーテアグリコ
朝日工業株式会社	

<別紙様式3>最終年度報告書

I-1. 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室	
	27	28	29	30	31	機関	研究室
1. 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発 (1) 窒素・リン酸の供給に適した緑肥の種類と施用条件の解明 (2) リン酸減肥基準策定に向けた緑肥作物を活用した土壌リン酸の有効化機構の解明 (3) マメ科緑肥の野菜適応性と減肥技術の開発 (4) マメ科緑肥の導入による葉菜類の減肥技術の開発 (5) マメ科緑肥による窒素供給パターンの解明と緑肥後の作物に対する減肥可能量の解明 (6) 緑肥の導入期間に配慮した野菜の減肥技術の開発 (7) 緑肥の利用による果菜・葉菜類の有機栽培技術の開発 (8) 春まきイネ科緑肥の導入による窒素溶脱低減とレタスの減肥技術の開発	秋まき麦類の利用技術の開発 夏まきソルガム類の利用技術の開発 緑肥の土づくり効果の検証 窒素・リン酸などの供給能の検証					農研機構 中央農業研究センター	土壌肥料研究領域
	リン酸可給化能、リン酸含量への効果 リン酸2割減肥技術の検証						
	ベッチの野菜適応性の検討 緑肥由来N動態の検討、減肥栽培試験					秋田県立大学	生物資源科学部
	減肥量の検討 現地実証						
	クロタラリアのサツマイモへの利用 ベッチのコーン、タマネギへの利用 埋設試験					雪印種苗株式会社	
	品種と栽培期間の影響 堆肥併用による5割減肥検証						
	作型別効果の把握 栽培実証 地力増進効果と環境負荷軽減効果把握					山梨県総合農業技術センター	
	イネ科緑肥による減肥効果検 現地実態調査 現地実証						

<p>(9) 緑肥作物の肥効を活かした露地野菜減肥栽培技術の開発</p>	<p>秋まき麦類の利用技術の開発 夏まきソルガム類の利用技術の開発</p>	<p>長野県野菜花き試験場</p>	<p>環境部</p>
<p>(10) 夏まき緑肥作物の利用による窒素溶脱低減と野菜の減肥技術</p>	<p>緑肥作物の窒素無機化特性の解明 化学肥料削減技術の開発 堆肥併用技術の開発、実証</p>	<p>愛知県農業総合試験場</p>	<p>東三河農業研究所</p>
<p>2. 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発</p>			
<p>(1) 焼酎蒸留廃液を副原料とする新規鶏ふん肥料の施用技術の開発</p>	<p>肥料の開発・特性評価 施用技術の開発と現地実証</p>	<p>農研機構九州沖縄農業研究センター</p>	<p>生産環境研究領域 畑作研究領域</p>
<p>(2) 肥料効果及び土づくり効果の高い鶏ふん堆肥製造とその利用法の開発</p>	<p>肥料製造条件の確立と実証 施用効果の検証と実証</p>	<p>三重県農業研究所・フード循環研究所 三重県中央農業改良普及センター</p>	
<p>(3) 稲麦大豆輪作体系における省力化肥料の開発</p>	<p>コムギ用肥料の開発と肥料登録 施用効果の検証と実証</p>	<p>福岡県農林業総合試験場</p>	<p>生産環境部</p>
<p>(4) 家畜ふん堆肥と肥効調節型肥料による新規肥料の製造とその利用法の開発</p>	<p>キャベツ用肥料の開発と肥料登録 水稲用肥料の開発と肥料登録 施用効果の検証と実証</p>	<p>岡山県農林水産総合センター</p>	<p>農業研究所 畜産研究所 普及連携部</p>
<p>(5) 牛ふん堆肥をベースとした混合堆肥複合肥料の製造とその利用法の開発</p>	<p>葉菜類用肥料の開発と肥料登録 施用効果の検証と実証</p>	<p>静岡県農林技術研究所</p>	<p>土壌環境科</p>
<p>(6) 養分バランスを考慮した牛ふん堆肥の適正施用技術の開発</p>	<p>製造方法の検討・特性評価と肥料登録 施肥体系の確立と栽培実証</p>	<p>神奈川県農業技術センター</p>	<p>生産環境部土壌環境研究課</p>
<p>(7) 各種堆肥・有機質資材の窒素肥効および炭素貯留評価</p>	<p>有機質資材共通の窒素肥効評価法の開発 緑肥、混合堆肥複合肥料の炭素残存量の評価</p>	<p>新潟県農業総合研究所畜産研究センター</p>	

I-2. 実施体制

研究項目	担当研究機関・研究室		研究担当者
	機関	研究室	
研究開発責任者	中央農業研究センター	土壌肥料研究領域	◎ 加藤直人 (~2017.3) 大谷 卓 (2017.4~)
1. 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発	中央農業研究センター	土壌肥料研究領域	○ 唐澤敏彦
(1) 窒素・リン酸の供給に適した緑肥の種類と施用条件の解明	中央農業研究センター	土壌肥料研究領域	△ 唐澤敏彦 中塚博子 (2016.4~ 2018.3) Khin Thawda Win (2018.4 ~) 大友量 (2018.4~)
(2) リン酸減肥基準策定に向けた緑肥作物を活用した土壌リン酸の有効化機構の解明	千葉県農林総合研究センター	土壌環境研究室	△ 塚本崇志 八槇 敦 (~2016.3) 横山とも子 (2016.4~ 2019.3) 山本幸洋 (2019.4~)
(3) マメ科緑肥の野菜適応性と減肥技術の開発	秋田県立大学	生物資源科学部	△ 佐藤 孝
(4) マメ科緑肥の導入による葉菜類の減肥技術の開発	秋田県農業試験場	生産環境部	△ 中川進平 渋谷 允 (~2018.3) 伊藤千春 渡辺恭平 (2018.4~)
(5) マメ科緑肥による窒素供給パターンの解明と緑肥後の作物に対す	雪印種苗株式会社	牧草・飼料作物研究グループ 植物機能性研究グ	立花 正 (~2019.7) △ 和田美由紀

る減肥可能量の解明		ループ	桂川尚彦 (～2016. 7) 佐久間太 宮本拓磨 (2017. 4～) 宮城果奈 (2018. 5～) 篠田英史 (～2018. 7) 川越大樹 (2018. 8～)
(6) 緑肥の導入期間に配慮した野菜の減肥技術の開発	長崎県農林技術開発センター	分析グループ 土壌肥料研究室	清水マスヨ (～2016. 3) 井上勝広 (2016. 4～ 2019. 3) 田畑士希 (2016. 4～11、 2018. 4～ 2019. 3) 坂本麻衣子 (2016. 12～ 2018. 3) △ 五十嵐総一 芳野豊 (2019. 4～)
(7) 緑肥の利用による果菜・葉菜類の有機栽培技術の開発	山梨県総合農業技術センター	環境部 高冷地野菜・花き 振興センター 栽培部 環境部	長坂克彦 (～2019. 3) 萩原裕一 (～2018. 3) 赤池一彦 (～2016. 3) △ 五味敬子 (2016. 4～) 山崎修平 (2018. 4～)
(8) 春まきイネ科緑肥の導入による窒素溶脱低減とレタスの減肥技術の開発	栃木県農業試験場	土壌環境研究室	宮崎成生 (～2019. 3) △ 大塚勝 (2019. 4～)

			関口雅史 中西陽子 (～2018.3) 廣澤美幸 (2018.4 ～ 2019.3)
(9) 緑肥作物の肥効を活 かした露地野菜減肥栽 培技術の開発	長野県野菜花き試 験場	生産環境部	出澤文武 (～2018.3) △ 鮎澤純子 (2018.3～) 矢口直輝 (～2016.3) (2018.4～) 齋藤龍司 (～2016.3) (2019.4～) 中村憲太郎 (～2018.3)
(10) 夏まき緑肥作物の 利用による窒素溶脱低 減と野菜の減肥技術	愛知県農業総合試 験場	東三河農業研究 所・野菜研究室 企画普及部・広域 指導室	辻 正樹 (～2017.3) △ 森下俊哉 (2017.4～) 山本 拓 土井美佑季 久野智香子 (～2016.3) 大橋祥範 (2016.4～)
2. 家畜ふん堆肥の高度利用 による化学肥料削減技術 の開発			
(1) 焼酎蒸留廃液を副原 料とする新規鶏ふん肥 料の施用技術の開発	農研機構 九州沖縄農業研究セ ンター	生産環境研究領域 畑作研究領域	新美 洋 (2016.4～ 2017.3) ○ 荒川祐介 鈴木崇之 (2017.4～) 齋藤 晶 (2018.4～)

			下里 緑 (~2017.3)
(3) 稲麦大豆輪作体系における省力化肥料の開発	福岡県農林業総合試験場	生産環境部	水田一枝 △ 西尾祐介 荒木雅登 (~2017.3) 尾上 武 (~2018.3) 茨木俊行 (2018.4~ 2019.3) 竹下美保子 渡邊敏朗 (2019.4~) 樋口俊輔 (~2019.3) 持永 亮 (2017.4~) 下田 翼 (2019.4~)
(4) 家畜ふん堆肥と肥効調節型肥料による新規肥料の製造とその利用法の開発	岡山県農林水産総合センター	農業研究所 畜産研究所 普及連携部	△ 森次真一 鷺尾建紀 水木 剛 白石 誠 大家理哉 (~2018.3) 鳥家あさ美 (~2018.3) 上田直國 (2018.4~)
(5) 牛ふん堆肥をベースとした混合堆肥複合肥料の製造とその利用法の開発	静岡県農林技術研究所	栄養・機能性科	福島務 渥美和彦 (~2017.3) △ 中村明弘 (2017.4~) 坂口優子 (~2016.3) 若澤秀幸 (2016.4~) 鈴木海平

<p>(6) 養分バランスを考慮した牛ふん堆肥の適正施用技術の開発</p>	<p>神奈川県農業技術センター</p>	<p>生産環境部土壌環境研究課</p>	<p>(～2017.3) 内山道春 (2017.4～2018.3)</p> <p>上山紀代美 △ 竹本 稔 曾我綾香 (～2016.3) 井上 弦 (2016.4～2018.10) 木田仁廣 (2018.11～2019.5) 小池肇子 (2019.10～)</p>
<p>(7) 各種堆肥・有機質資材の窒素肥効および炭素貯留評価</p>	<p>新潟県農業総合研究所畜産研究センター</p> <p>新潟県経営普及課</p>		<p>△ 山崎 聡 小柳 涉 平尾賢一 (～2016.3) 長谷川昌伸 (2016.4～) 吉川 力 (2018.4～)</p>

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付すこと。

<別紙様式3>最終年度報告書

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
大課題名	水田作及び畑作における収益力向上のための技術開発		
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
代表機関・研究開発責任者名	農研機構 中央農業研究センター・大谷 卓		

I-3. 研究目的

圃場への堆肥などの施用量は減少する傾向にある。一方、国際的な肥料需要の高まりにより、化学肥料の価格は高止まりしている。そこで、有機質資材などを活用した化学肥料の削減が期待されている。本研究では、有機質資材を活用した施肥技術が、化学肥料の投入量を削減でき、かつ、作物の生産コストを実際に引き下げることを生産現場において実証し、適用可能な品目及び土壌の種類を明示した農業者向けの利用マニュアルを作成する。

有機質資材のうち、緑肥については、施用にかかる労力が少なく、輸送コストがかからない有機質資材であるものの、土づくりや化学肥料代替の効果については、近年、あまり評価されていない。このため、緑肥の土づくり効果を評価するとともに、その導入後に、施肥を削減することが求められている。有機質資材である堆肥のうち、鶏ふん堆肥については、土づくり効果が不足しており、肥料効果が低い牛ふん堆肥については、混合堆肥複合肥料の原料となっていない、このため、鶏ふん堆肥の土づくり効果の向上と、牛ふん堆肥の混合堆肥複合肥料の原料化が求められている。

このため、本研究では、

1. 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発
2. 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発

により、有機質資材の活用によって、生産物の収量及び品質を低下させることなく施肥及び土づくりに要するコストを削減する技術を開発することを目標とする。

その結果、

1. 野菜畑などにおける化学肥料の施用量の削減
2. 野菜作などにおける生産コストの削減

が期待される。

I-4. 研究方法

(1) 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発

北海道から九州までに位置する9道県において、ソルガム・エンバク・ライムギ・ヘアリーベッチ・クロタラリアを緑肥として導入して、すき込み後の土壌の無機態窒素や交換性カリなどの養分動態のデータを収集するとともに、土壌の物理性や生物性に対する緑肥の効果を検討

する。これらの種類やすき込みステージが異なる緑肥の後に、施肥量を変えて、キャベツ、ハクサイ、ブロッコリー、レタス、長ネギ、スイートコーン、タマネギ、ニンジン、サツマイモを栽培し、生育・収量を調査する。また、すき込み時の緑肥を乾燥・粉碎して、土壤に混ぜたものをガラス繊維ろ紙の袋に詰め、それを土壤に埋設し、経時的に、緑肥の分解を調査する。

(2) 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発

繊維分が多く造粒が難しいとされる牛ふん堆肥について、公定規格に規定のない物性面から混合堆肥複合肥料の原料堆肥としての選定基準を明らかにするとともに、肥料製造・保管時の肥料品質保持について検討する。さらに、有機物還元、減化学肥料の観点から混合堆肥複合肥料を開発し、肥料登録を行うとともに、開発した肥料を用いて化学肥料の投入量を三要素の平均で50%以上削減可能な施肥技術を開発する。また、土づくりに有用な腐植酸含量を高め、造粒により付加価値をつけた鶏ふん肥料についても同様に減肥技術を開発する。さらに、開発した肥料の利用を促進するには、施用効果（窒素肥効および炭素貯留効果）の明確化とその評価手法が重要である。そこで、新潟県農業総合研究所畜産研究センターらが開発した牛ふん堆肥・豚ふん堆肥の窒素肥効評価法をシーズとして、有機質資材・有機質肥料全般に適用できる窒素肥効評価法を開発する。さらに現場で活用できるように評価法を簡便化する。また、共同研究機関で開発される肥料や導入される緑肥について炭素貯留効果を評価する。

I-5. 研究結果

(1) 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発

緑肥のすき込みによる、土壤の様々な物理性（硬度・透水性・団粒構造）、化学性、生物性（窒素・リン酸などの循環にかかる微生物など）の改善効果を明らかにした。

緑肥の肥料などとしての効果については、ソルガム・ヘアリーベッチ・クロタラリア後のキャベツ、クロタラリア後のハクサイ・ブロッコリー・サツマイモ、ソルガム・エンバク・ライムギ後のレタス、ヘアリーベッチ後の長ネギ・スイートコーン・タマネギ、エンバク後のニンジンについて、窒素・リン酸・カリの減肥可能量と収量への効果を定量的に示した。また、それぞれの試験において、すき込み時の生育ステージのソルガム・エンバク・ライムギ・ヘアリーベッチ・クロタラリアを用いて、牛ふん堆肥との比較から、有機物の土壤中での蓄積効果を示すとともに、緑肥すき込み時の生育ステージと養分としての効果、有機物の蓄積への効果との関係を明らかにした。

有機物としての効果は牛ふん堆肥との比較から、養分としての効果は化学肥料との比較から、それぞれ定量的に把握し、それらを基に、各緑肥の導入体系について、所得に対する効果を試算した。

(2) 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発

混合堆肥複合肥料については、原料堆肥の選定基準について、含水率・最大容水量・かさ比重・熟度の指針を示した。肥料の製造・保管時におけるアンモニア揮散に対して、窒素源について尿素から硫酸、副産窒素肥料への変更、および肥料の低水分化により抑制できることを示した。牛ふん堆肥を用いた混合堆肥複合肥料の試作を経て6銘柄を普通肥料登録した。開発した肥料を用いた減化学肥料栽培により、収量や品質を保ったまま施肥の省力化、コスト低減や土づくり等が図れることを示した。

腐植酸含有量を高めた鶏ふんを原料とする高付加価値肥料の生産については、攪拌造粒法による造粒適正水分量を明らかにし、造粒した肥料について減化学肥料栽培によりその有用性を

示した。

酸性デタージェント（AD）分析による有機質資材の評価では、AD可溶有機態窒素とアンモニウム態窒素を指標とした窒素肥効評価法を開発し、さらに現場で活用できるよう簡便化した。さらに、ガラスろ紙繊維埋設法による3年後有機物残存量と有機質資材のADリグニン（ADL）含量がほぼ1：1で量的に対応することから、ADLが炭素貯留効果の指標になることを示した。

I-6. 今後の課題

（1）生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発

緑肥の土づくり、肥料の効果を中心に検討したが、有害生物への効果については、本プロジェクトでは十分に検討しておらず、また、プロジェクトの中で予備試験的に行った圃場内の生育むらに対する応用についても、研究の余地が残されている。

（2）家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発

混合堆肥複合肥料の生産拡大にあたっては、原料とする堆肥の品質面並びに量的な面を勘案した適正価格による調達が必要である。原料堆肥の物性面についての選定基準として含水率・最大容水量・かさ比重・熟度を指針として示したが、耕種農家に流通している堆肥と比べて現状では差異が大きい。造粒加工に適した物性を持つ堆肥生産工程の改善と標準化が求められる。

利用拡大にあたっては有機化成肥料との競合があり、混合堆肥複合肥料の施用効果と利点をいかに伝えていくかが重要である。特に耕種農家の期待する土づくり効果について作物生育促進効果と土壌生物相への影響を含め Soil health の観点からの検証を続ける必要がある。さらに施用法に関しては、局所施用やBB肥料原料としての利用等の効果的な施用方法の提案が望まれる。

肥料取締法の一部改正により今後施行される予定の堆肥と化学肥料を混合した新規格肥料と、それぞれの特徴を踏まえた共存（使い分け）が課題である。

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	101	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(1) 窒素・リン酸の供給に適した緑肥の種類と施用条件の 解明		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦、大友量、 中塚博子、Khin Thawda Win		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

緑肥は、施用にかかる労力が少なく、輸送コストもかからない有機質資材であるものの、その土づくりや化学肥料代替の効果については、十分に評価されていない。本試験では、各種緑肥が土壌の物理性・化学性・生物性に関係する諸性質に及ぼす効果を調べるとともに、後作物の減肥の可能性を示す。

2) 研究方法

(1) 冬作緑肥の導入が土壌の各種性質と後作コマツナに及ぼす影響

1) 試験場所 (土壌分類名) : つくば市中央農業研究センター圃場 (アロフェン質黒ボク土)

2) 供試作物・品種 :

(緑肥) エンバク、イタリアンライグラス、ベッチ、クリムソンクローバ、シロガラシ、ハゼリソウなど (年によって、一部異なる緑肥を導入) と緑肥なし

(主作物) コマツナ「菜々美」

3) 試験区の構成と実験計画 : 3反復乱塊法、緑肥処理×コマツナへの施肥

4) 耕種概要

緑肥は各区共通で畝間30 cmの条播とし、毎年10月頃に播種した。各緑肥は、毎年5月にフレールモアで細断後、同日中にロータリ耕ですき込んだ。各緑肥のすき込み区と緑肥なし区に、すき込み4週間後ころ、畝間30 cmで、施肥量を変えてコマツナを条播した。

5) 調査項目 :

- ・緑肥 : 地上部生収量、地上部乾物収量、窒素・リン酸・カリ・炭素含有率
- ・作土 (すき込み4週間後) : 土壌の各種化学性、ホスファターゼ活性 (ホスホモノエステラーゼ、ホスホジエステラーゼ)、生菌数、リン溶解細菌数、糸状菌胞子数、リン溶解糸状菌数、バイオマスリンなど

- ・作土（コマツナ収穫時）：耐水性団粒
- ・土壌断面調査（緑肥すき込み時）：緑肥の根の分布、土壌硬度の分布
- ・土壌断面調査（コマツナ収穫時）：養分の分布、コマツナの根の分布、土壌硬度の分布
- ・コマツナ：生育期間中・収穫時の地上部乾物重、窒素・リン酸・カリ含有率、収量

（2）夏作緑肥の導入が土壌の各種性質と後作コマツナに及ぼす影響

1) 試験場所（土壌分類名）：つくば市中央農業研究センター圃場（アロフェン質黒ボク土）

2) 供試作物・品種：

（緑肥）ソルガム、クロタラリア、緑肥なし

（主作物）コマツナ「菜々美」

3) 試験区の構成と実験計画：3反復乱塊法、緑肥処理×コマツナへの施肥

4) 耕種概要

緑肥は各区共通で畝間60 cmの条播とし、毎年7月頃に播種した。各緑肥は、毎年9月にフレールモアで細断後、同日中にロータリ耕ですき込んだ。各緑肥のすき込み区と緑肥なし区に、すき込み4週間後ころ、畝間30 cmで、施肥量を変えてコマツナを条播した。

5) 調査項目：

土壌断面調査と耐水性団粒を除き、（1）と同様の調査を実施した。

3) 研究結果

（1）冬作緑肥の導入が土壌の各種性質と後作コマツナに及ぼす影響

- 1) 土壌の団粒：エンバク、シロガラシ、ベッチなどの緑肥を連用すると、作土の土壌構造が発達し、直径2 mm以上の大きな団粒の割合が増加した（図1）。
- 2) 根と土壌硬度の垂直分布：図2の写真のように、深さ100 cmの穴を掘り、10 cm×10 cmのメッシュごとに、緑肥の根の数とち密度（土の硬さ）を調査した結果、エンバクでは、下層土にも多数の根が見られ、緑肥すき込み時の耕盤層の土壌硬度は、エンバク区で小さかった（データ省略）。そこに栽培したコマツナの根は、緑肥なしの後よりもエンバク後で、耕盤層を超えて下層にまで伸びること、軟らかい層が厚くなり、根が多い土層も厚くなること示された（図2）。
- 3) 養分の垂直分布：緑肥なし区に比べて、エンバクを導入してすき込んだ区では、土壌の交換性カリが下層で少なく、表層で多くなっていた（図3）。硝酸態窒素や交換性カリなどは、緑肥の導入によって、下層への流亡が減り、すき込み後の作物に供給される量が増える可能性が示された。
- 4) 土壌生物への影響：緑肥をすき込むと、ホスファターゼを始めとする多くの有機物分解に関わる土壌酵素の活性が上昇するとともに（図4）、有機酸を放出して、難溶性リン酸を可溶化する働きをもつリン溶解糸状菌の数が増加した（図5）。また、バイオマスリンやバイオマス窒素などの土壌中の養分のプールが大きくなった（データ省略）。
- 5) コマツナへの効果：エンバク、ベッチなどの緑肥をすき込むと、窒素・リン酸・カリを2～3割減らしても、コマツナ収量が慣行施肥区と同等である事例が見られた（データ省略）。

（2）夏作緑肥の導入が土壌の各種性質と後作コマツナに及ぼす影響

ソルガムやクロタラリアのすき込みも、冬緑肥と同じような土壌生物などへの効果を持つことが示された（データ省略）。

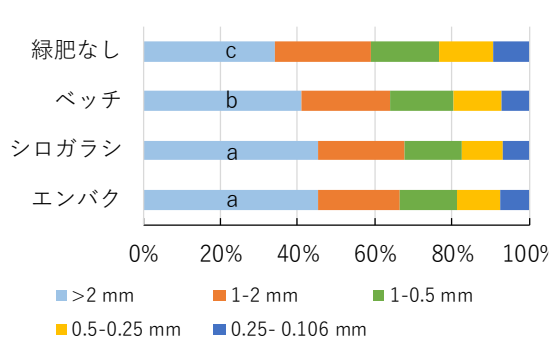


図1 緑肥が土壌の粒径別団粒割合に与える効果

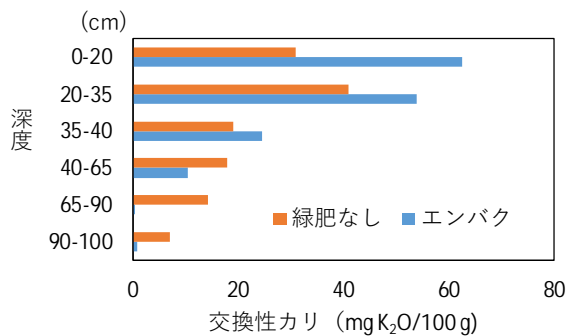


図3 緑肥なし区とエンバク区における深さ別の交換性カリ（すき込み4週間後）



図2 エンバク導入で耕盤を改良した区と緑肥なし区で栽培したコマツナの根分布と土壌硬度（収穫時）
* 緑色が濃いほど根が多く、赤色が濃いほど土が硬い

		エンバク					緑肥なし				
根の分布		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0-10 cm	1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
10-20 cm	2	200	200	200	200	200	40	32	32	37	37
20-30 cm	3	66	63	53	75	60	38	12	31	35	14
30-40 cm	4	13	22	13	13	16	23	7	10	14	1
40-50 cm	5	20	21	6	5	6	8	1	13	10	0
50-60 cm	6	9	14	36	22	6	8	0	4	6	0
60-70 cm	7	6	6	20	9	8	3	0	7	10	0
70-80 cm	8	0	0	4	8	9	3	0	4	8	0
80-90 cm	9	0	0	0	0	4	1	0	2	2	0
90-100 cm	10	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0

		エンバク					緑肥なし				
ち密度		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0-10 cm	1	6	5	7	6	7	7	8	11	10	9
10-20 cm	2	10	12	12	15	14	21	22	23	22	20
20-30 cm	3	23	23	26	26	27	22	26	27	29	32
30-40 cm	4	23	25	24	21	21	18	24	21	27	24
40-50 cm	5	23	21	25	23	23	20	21	24	21	24
50-60 cm	6	20	19	22	22	22	6	18	19	20	19
60-70 cm	7	20	21	20	22	18	7	17	17	18	19
70-80 cm	8	18	20	20	19	16	8	19	19	17	20
80-90 cm	9	19	18	15	20	18	9	17	18	18	16
90-100 cm	10	18	16	16	19	17	10	18	17	18	18

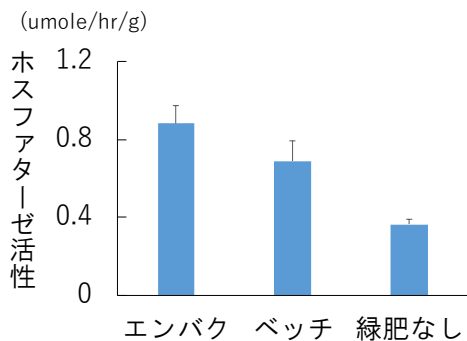


図4 緑肥のすき込みが土壌のホスファターゼ活性に及ぼす影響

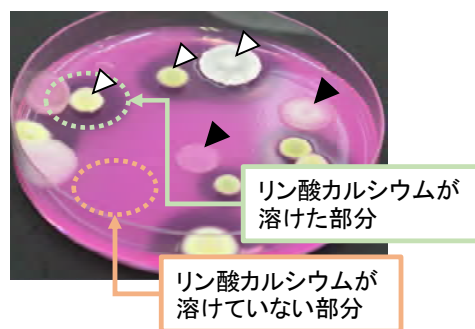


図5 有機酸を放出して土壌の難溶性リン酸を溶かすリン溶解菌

4) 成果活用における留意点

緑肥の導入にあたっては、導入する時期や目的にあった緑肥を選び、適切な方法で栽培する必要がある。また、緑肥のすき込み時期は、その効果や作業性に大きな影響を及ぼすことから、目的や所有する機械を考慮して、適切な時期にすき込む。すき込み後、すぐに主作物を栽培すると、発芽障害などが起きることがあるため、必要に応じて、腐熟期間をとってから、主作物を栽培する。

緑肥の利用にあたっては、本プロジェクトの成果として公表する予定の「緑肥利用マニュアルー土づくりと減肥を目指してー」や種苗会社のカタログ、成書などが参考になる。

5) 今後の課題

最終年度に、緑肥の生育をドローンなどで解析して、野菜の生産ほ場の地力むらを調べる研究に着手した。本プロジェクトで行ったほ場ごとの化学肥料の削減量などを決める手法も有用であるが、ほ場内の地力むらを解析することで、ほ場全体においても、より多くの化学肥料の削減などにつながることから、こうした検討を続けることが望ましい。

<引用文献>

農研機構 (2019) 「緑肥利用マニュアルー土づくりと減肥を目指してー」

中課題番号	15653449	中課題 研究機関	平成27～令和元年度
実行課題番号	102	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(2) リン酸減肥基準策定に向けた緑肥作物を活用した土壌リン酸の有効化機構の解明		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	千葉県農林総合研究センター・土壌環境研究室・塚本崇志、山本幸洋		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

緑肥導入による土壌リン酸の有効化機構及び主作野菜のリン酸吸収量との関係を明らかにする。並びに、緑肥すき込み後に主作野菜のリン酸施用量を20%削減できることを明らかにする。

2) 研究方法

1) ソルガムのすき込みによる土壌中リン酸及び後作キャベツのリン酸吸収量に及ぼす影響

ア) 試験場所 千葉県農林総合研究センター圃場（千葉市、腐植質普通黒ボク土、可給態リン酸3mg/100g）

イ) 供試作物・品種：

（緑肥）：ソルガム「ジャンボ」、商品名「つちたろう」（雪印種苗株）

（主作物）：キャベツ「YR春系305号」（榎増田採種場）

ウ) 試験区の構成：ソルガム栽培の有無とキャベツのリン酸施肥を標準施肥、20%減肥、無施肥とした処理を組み合わせた。3反復乱塊法、1区4m²（2m×2m）

エ) 栽培概要

5月中旬～6月上旬にソルガムを5g/m²で播種した。8月中旬にソルガムを細断して深さ15cmまですき込んだ。すき込み4週間後のキャベツ定植前に窒素19kg/10a、加里19kg/10a相当量を施肥した。リン酸は標準施肥で25kg/10a、リン酸20%減肥区で20kg/10a相当量を施肥した。施肥後、株間40cm、畝間60cmでキャベツを定植した。定植後10月中旬及び下旬に窒素8kg/10a、リン酸1.8kg/10a、加里5.3kg/10a相当量を2回に分けて追肥した。リ

ン酸無施肥区にはリン酸の追肥を行わなかった。12月上旬にキャベツを収穫した。なお、土壤中リン酸の変化の調査ではすき込み8週間後まで施肥を行わなかった。

オ) 調査項目

すき込み前及び2、4、8週間後の土壌（深さ15cm）の可給態リン酸含量、バイオマスリン量、キャベツの収量

2) ニンジン栽培におけるエンバクのすき込みによるリン酸減肥技術の開発

ア) 試験場所 千葉県農林総合研究センター圃場（千葉市、腐植質普通黒ボク土、可給態リン酸3mg/100g）

イ) 供試作物・品種：

（緑肥）：エンバク「ヘイオーツ」（雪印種苗株）

（主作物）：ニンジン「愛紅」（住化農業資材株）

ウ) 試験区の構成：エンバク栽培の有無とニンジンのリン酸施肥を標準施肥、20%減肥、無施肥とした処理を組み合わせた。3反復乱塊法、1区4m²（2m×2m）

エ) 栽培概要

2月下旬～3月下旬にエンバクを10g/m²で播種した。5月下旬にエンバクを細断して深さ15cmまですき込んだ。すき込み8週間後に窒素10kg/10a、加里10kg/10a相当量を施肥した。リン酸は標準施肥で25kg/10a、リン酸20%減肥区で20kg/10a相当量を施肥した。無施肥区にはリン酸を施肥しなかった。施肥後、条間15cm、株間6cmでニンジンを播種した。11月上旬にニンジンを収穫した。

オ) 調査項目

ニンジンの収量及びリン酸吸収量

3) 研究結果

ソルガム区における土壌の可給態リン酸含量は、無栽培区と差がなかった(図1)。ソルガム区のバイオマスリンは、すき込み4及び8週間後で、無栽培区に比べて高かった(図2)。

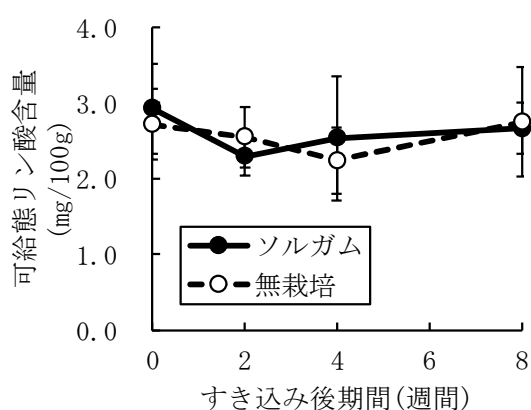


図1 ソルガムすき込み期間中の可給態リン酸の変化

分散分析の結果、いずれの期間においても試験区間の有意差はなし。図中のバーは標準偏差(n=3)を示す

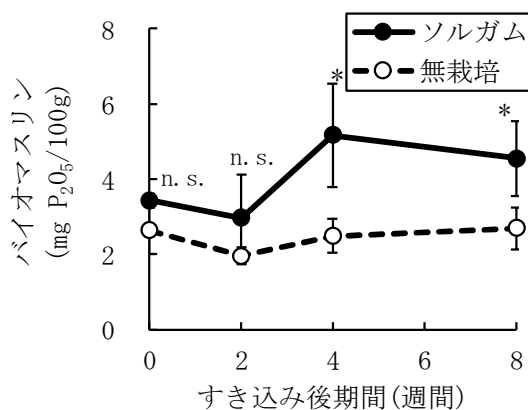


図2 ソルガムすき込み期間中のバイオマスリンの変化

*はStudentのt検定によって5%水準で有意差があることを、n. s. は有意差がないことを示す。バーは標準偏差(n=3)を示す

リン酸無施肥で栽培したキャベツのリン酸吸収量と、土壌のバイオマスリンとの間には正の相関関係があった(図3)。キャベツのリン酸吸収にバイオマスリンが関与している可能性が考えられた。キャベツのリン酸施肥量を20%削減した場合、ソルガムのすき込みによって、収量は減少しなかった(図4)。

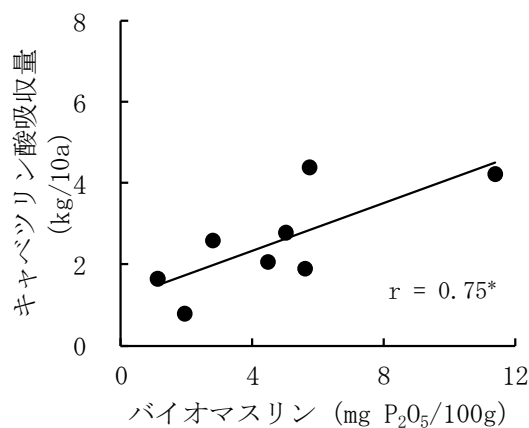


図3 キャベツ栽培前土壌のバイオマスリンとキャベツリン酸吸収量との関係
*は5%水準で有意

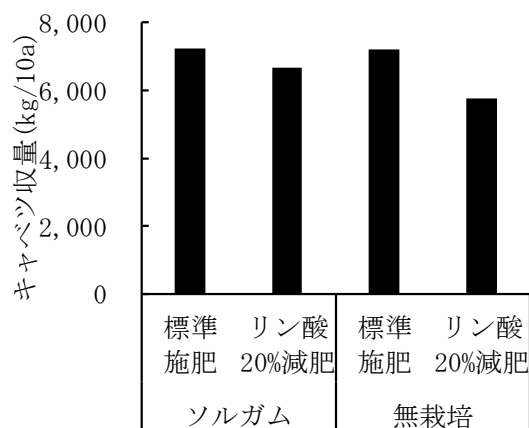


図4 ソルガムすき込み後のキャベツ収量
分散分析の結果、いずれの期間においても試験区間の有意差はなし

可給態リン酸が3mg/100gと低い土壌では、エンバクすき込み後のニンジン根は根部肥大が促進されて、可販収量が多くなった(図5)。リン酸20%減肥条件下でも、エンバク区は無栽培区に比べて増収した。可給態リン酸が20mg/100gの土壌では増収効果は見られなかったが、リン酸吸収量は増加し、NPK30%減肥が可能であった(図6)。

以上のことから、ソルガムのすき込みによって、土壌中バイオマスリン等の微生物活性が増加することが明らかとなった。また、ソルガムすき込み後のキャベツ、またはエンバクすき込み後のニンジン栽培では、リン酸施肥の20%削減が可能であった。

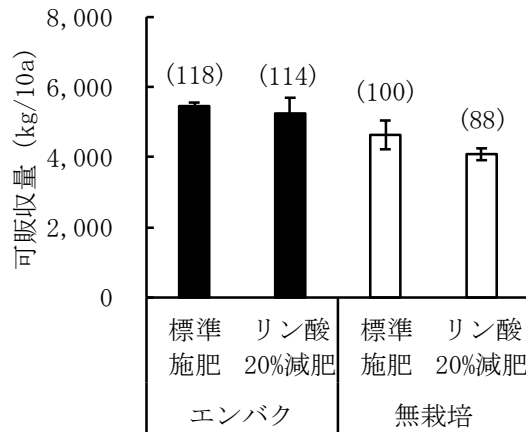


図5 エンバクすき込み後のニンジン収量
 図中の数値は、無栽培標準施肥区を100とした場合の比率を示す。分散分析の結果、いずれの期間においても試験区間の有意差はなし。図中のバーは標準誤差(n=3)を示す

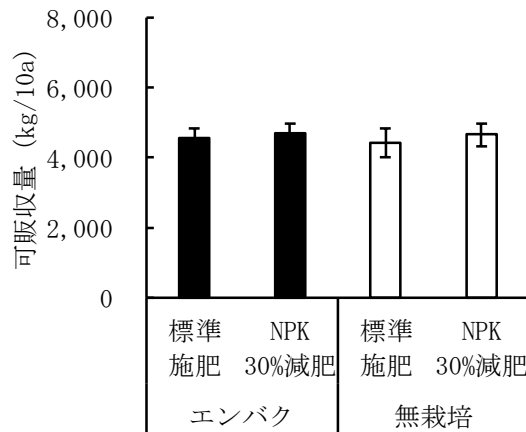


図6 可給態リン酸含量20mg/100gの土壤におけるエンバクすき込み後のニンジン収量
 分散分析の結果、いずれの期間においても試験区間の有意差はなし。図中のバーは標準誤差(n=3)を示す

4) 成果活用における留意点

土壌の可給態リン酸が高い圃場において、エンバクすき込み後にニンジンを栽培しても、増収効果は見られないが、リン酸の減肥は可能となる。

5) 今後の課題

千葉県は秋冬どりのニンジンの播種期は7月下旬から8月上旬である。今回、エンバクすき込み後にニンジンの根部肥大が促進される効果を確認したのは、7月下旬播きの作型であり、8月中旬播きにおける効果や、どのようなメカニズムでニンジンの根部肥大が促進されるのかは明らかになっておらず、安定的に化学肥料を削減できる技術の開発までには至っていないため、今後も検討が必要である。

<引用文献>

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	103	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(3) マメ科緑肥の野菜適応性と減肥技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	秋田県立大学・生物資源科学部・佐藤孝		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

マメ科緑肥植物へアリーベッチ (HV) の野菜への適応性を明らかにする。施肥量の多い野菜品目 (キャベツ等) の前作にHVを植栽し、それぞれの品目の適応性を検討する。緑肥鋤き込みによる土壌窒素肥沃度の変化を調査するとともに、リン酸などの吸収を促進する微生物 (AM菌など) の寄与を評価する。また、重窒素 (^{15}N) で標識したマメ科緑肥を作成し、緑肥由来窒素の挙動を定量的に評価する。それらの結果を踏まえ、減肥栽培試験を実施し、土壌肥沃度を考慮した減肥可能量を明らかにする。

2) 研究方法

1) マメ科緑肥の野菜適応性の検討

マメ科緑肥 (へアリーベッチ:HV) の野菜類への適応性を明らかにするために、キャベツ、ブロッコリー、ネギ等を対象にして栽培試験を実施した。ポット栽培試験ではHV地上部を施用し、圃場栽培試験ではHVを植栽・鋤き込んで、後作物の生育に及ぼす影響を調査した。

2) 現地圃場におけるHV根粒着生阻害要因の解明

秋田県本荘市の生産者圃場においてHVの根粒形成が悪く、生育不良であった。その理由として土壌pHが低いこと、土壌窒素無機化が速いことによる窒素 (硝酸態窒素) 過剰が考えられた。そこで、HVの根粒着生阻害の要因を検討するために、生育不良圃場から土壌試料を採取し、pH矯正材 (炭酸カルシウム) および硝化抑制剤を施用して、HVを栽培した。栽培期間中の土壌無機態窒素 (硝酸態窒素) を調べ、HVの根粒形成へ及ぼす影響を解析した。

3) 緑肥由来窒素動態の検討

培地に重窒素 (^{15}N) 化合物 (硫安) を投与してHV (寒太郎) を水耕栽培し、 ^{15}N 標識植物体を作成した。試験は秋田県立大学フィールド教育研究センター (グライ土) において2016年と2017年に実施した。7月中旬に作成した ^{15}N 標識HVを圃場に設置した枠 (70×45cm) に施用し、キャベツ (冬おもい) を7月下旬に移植した。植栽密度は畝間80 cm、畝高15 cm、株間35 cmとした (2株/枠)。10月中旬にキャベツおよび土壌を採取し、試料中の ^{15}N 含量を測定してHV由来窒素の植物体吸収量、土壌残存量を定量的に解析した。

4) HV植栽によるキャベツの減肥栽培試験

秋田県立大学フィールド教育研究センター (グライ土) において圃場栽培試験を実施した。HV (寒太郎) を4月上旬に3kg/10a播種し、HVを7月中旬に鋤き込み、キャベツ (冬おもい) を7月下旬に移植した。植栽密度は畝間80 cm、畝高15 cm、株間35 cmとし、追肥は2回に分けて施用した。収穫は10月中旬に実施した。

試験区		Hv鋤き込み量(kg-N/10a)	基肥(N・P ₂ O ₅ ・K ₂ O, kg/10a)	追肥(N・P ₂ O ₅ ・K ₂ O, kg/10a)
無植栽区	標肥	-	18・15・18	7・0・7
	30%減肥		12.6・10.5・12.6	4.9・0.4.9
	50%減肥		9・7.5・9	3.5・0・3.5
	70%減肥		0・0・0	7・7・7
HV区	標肥	14.5	18・15・18	7・0・7
	30%減肥		12.6・10.5・12.6	4.9・0.4.9
	50%減肥		9・7.5・9	3.5・0・3.5
	70%減肥		0・0・0	7・7・7

5) 生産者圃場における実証試験

①キャベツ実証試験

北海道和寒町 (灰色低地土 (埴壤土)) の生産者圃場において圃場栽培試験を実施した。HV (寒太郎) を10月初旬に3kg/10a播種した。HVを7月初旬に鋤き込み、慣行区、HV植栽30~50%減肥区を設定してキャベツ (越冬キャベツ) を7月下旬に移植した。植栽密度は畝間60 cm、畝高15 cm、株間25 cmとし、11月初旬に収穫した。

②ネギ実証試験

秋田県にかほ市 (グライ低地土 (砂壤土)) の生産者圃場において圃場栽培試験を実施した。HV (寒太郎) を10月中旬に3kg/10a播種し、HVを5月初旬に鋤き込み、慣行区、HV植栽30~60%減肥区を設定してネギ (夏扇パワー) を5月中旬に移植した。植栽密度は畝間60 cm、株間5 cmとし、11月初旬に収穫した。

3) 研究結果

1) マメ科緑肥 (HV) の野菜適応性の検討

HVの施用形態 (生、乾燥) および施用時期により、キャベツの初期生育に大きく影響した (写真1)。直前施用では生、乾燥ともに初期生育が抑制されたが、その後は生育が回復し、定植5週間後には慣行区より全てのHV施用区で生育が良くなった。ブロッコリーも同様の傾向を示し、HV施用区で生育がよくなった。ネギ (秋田県にかほ市) は、HVの効果

が顕著に確認され、HV植栽区では生育のばらつきが小さく、先枯れ症状も少なくなっていた(写真2)。以上から、キャベツ、ブロッコリー、ネギは、HVの適応性が高いことが明らかとなった。



写真1 キャベツの生育の様子 (ポット試験：定植後5週間)



写真2 ネギの生育の様子 (左：慣行、右：HV植栽)

2) 現地圃場におけるHV根粒着生阻害要因の解明
 pH矯正材(炭酸カルシウム)および硝化抑制剤を施用しても、栽培期間中の土壌無機態窒素(硝酸態窒素)変動は試験区間で大きな違いはなかった。根粒着生はいずれの試験区においても確認されなかった。炭酸カルシウムを現地慣行施用量の2~5倍(200~500 kg/10a)施用すると根粒形成が確認された(写真3)。従って、現地圃場における根粒形成阻害は、pH矯正材の施用量が不十分であり、土壌が酸性であることが大きな要因であることが明らかとなった。



写真3 HVの根粒着生
 (炭カル200kg施用区)

3) 緑肥由来窒素動態の検討

重窒素トレーサー法によるHV由来窒素の分配は、2016年度試験においては、キャベツ利用率が約30%、土壌残存率が約55%となった(図1)。なお、未回収は施用窒素(100%)からキャベツ利用率及び土壌残存率を差し引いた値であり、溶脱や脱窒などによる系外への流亡が主であると考えられる。2017年度試験においては、キャベツ利用率が約40%、土壌残存率が約50%となり、2016年度と比較すると利用率が高くなった。

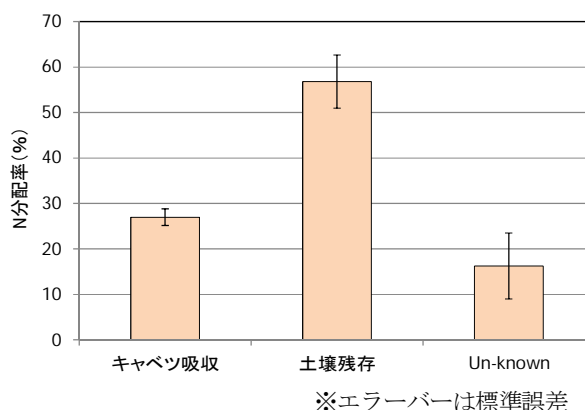
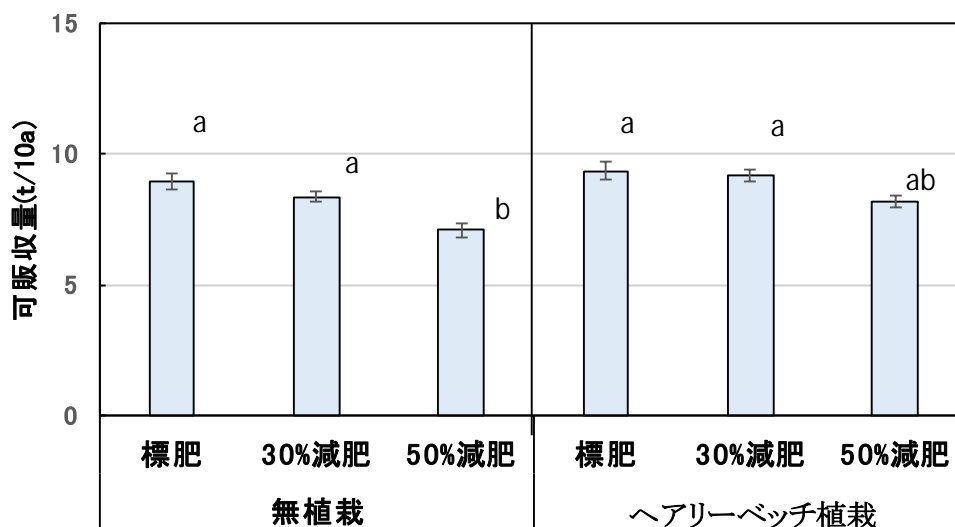


図1 HV由来窒素の分配率 (2016年度試験)
※引用文献 (佐藤ら、2019年)

4) HV植栽によるキャベツの減肥栽培試験

HV植栽による収量の増加はわずかであったが、無植栽区では50%減肥区で標肥区に比べ有意に減収したのに対し、HV植栽区では50%減肥でやや収量が低下したものの、試験区間で有意差は確認されなかった(図2)。また、HV30%減肥区の収量は無植栽標肥区と同等であったことから、HVを植栽することにより、30%減肥栽培が可能であることが明らかとなった。



分散分析解析結果

2017年	施肥量	*
	ヘアリーベッチ有無	**
	交互作用	n.s.

※エラーバーは標準誤差(n=3)を示す。
異なるアルファベットは統計的有意差(tukey法、 $p < 0.05$)を示す。
分散分析結果のうち、* $p < 0.05$ 、** $p < 0.01$ 、n.s.有意差なし、を示す。

図2 減肥栽培試験におけるキャベツの収量 (2017年度試験)

※引用文献 (佐藤ら、2019年)

5) 生産者圃場における実証試験

①キャベツ（北海道和寒町）

HV植栽による生育阻害は認められず、HV植栽標肥区では慣行（無植栽標肥）と比べて可販収量が増収していた（図3）。HV植栽区の30、50%減肥区では、慣行区と可販収量に大きな違いはなかった。HV慣行区では無植栽慣行区より約1 t 収量が増加しており、農業経営的にも所得向上に大きく貢献することが明らかとなった。

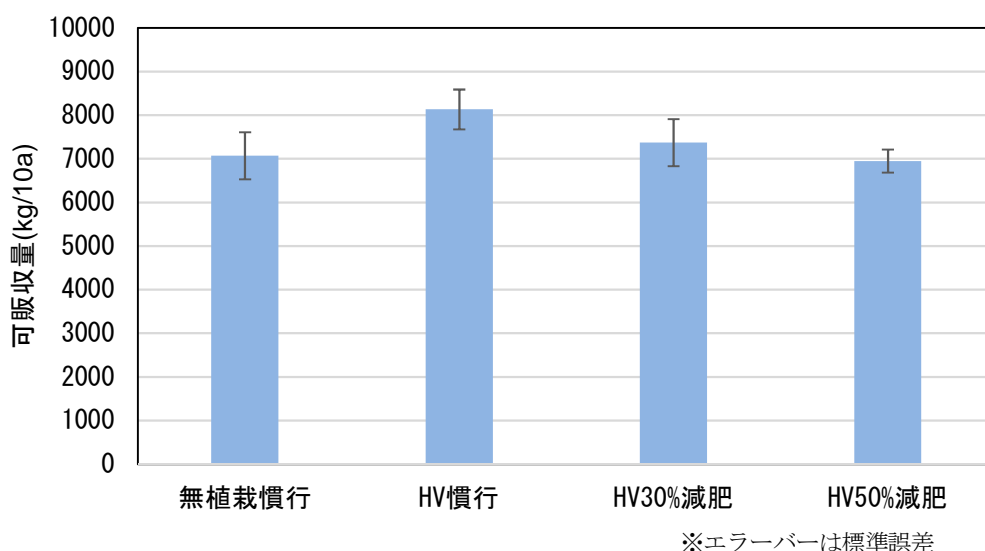


図3 キャベツの可販収量（2017年度実証試験）

②ネギ（秋田県にかほ市）

HV植栽により圃場の排水性が改善され、病害も少なくネギが健全に生育した（写真4）。また、ネギ根にAM菌が多く共生し、分解されたHV窒素を効率よく吸収したと考えられた。可販収量はHV植栽により向上し、とくに20%減肥区で最大となった。30%減肥、60%減肥（基肥なし）でも、慣行栽培と同等の収量が得られた（図4）。従って、ネギはHVへの適性が高く、HV植栽の土壤改良効果により減肥栽培しても慣行栽培より収量が得られることから、HV植栽ネギ減肥栽培は生産者の所得向上につながる技術であると考えられた。



写真4 降雨後のネギ圃場の様子（秋田県にかほ市（2016年8月27日））

※引用文献（佐藤、2019年）

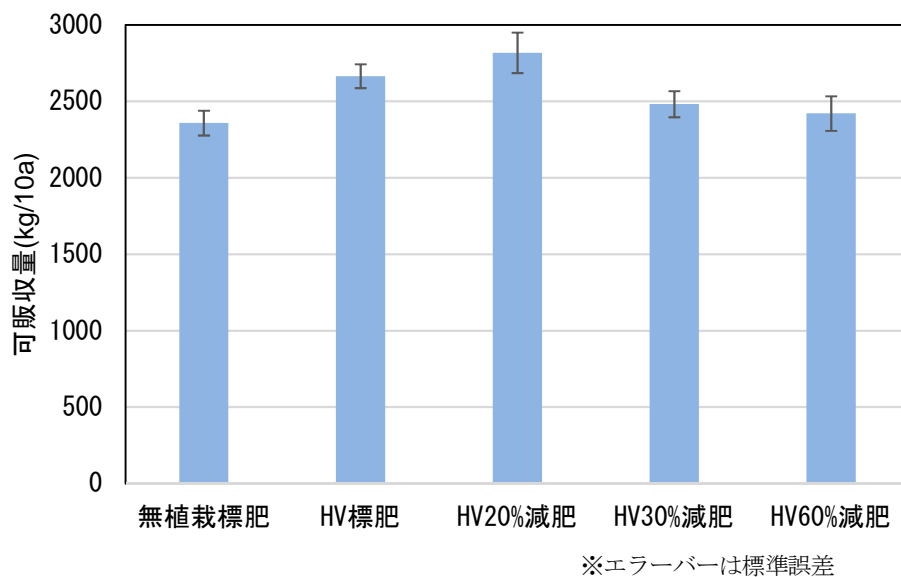


図4 ネギの可販収量（2016年度実証試験）

※引用文献（佐藤、2019年）

4) 成果活用における留意点

水田転換畑でHVを植栽するためには、圃場の排水性を十分に確保することが重要となる。また、土壌が酸性条件ではHVの生育および根粒形成が抑制されるため、炭カル等で土壌pHを矯正する必要がある。HV植栽歴がない圃場ではHVに適性がある根粒菌が少ないため、播種時に根粒菌の接種を推奨する。

HVを細断・鋤き込み直後に後作物を栽培すると、生育が停滞することがあるので、鋤き込みから後作栽培まで1週間程度あけることが望ましい。

5) 今後の課題

HV植栽を現在の農業体系にどのように導入するかが課題。HVの生育が旺盛な場合は、HVを細断するためにフレールモア等の機械が必要になる。

<引用文献>

- 1) 佐藤孝、小野寺雄平、高階史章、保田謙太郎、石田朋子、渋谷允、中川進平、渡辺恭平、金田吉弘 重粘土転換畑におけるヘアリーベッチ植栽がキャベツの窒素吸収および可販収量に及ぼす影響、日本土壤肥料学雑誌、第90巻 第4号、p249-256 (2019)
- 2) 佐藤孝 マメ科緑肥ヘアリーベッチを導入した長ネギの減肥栽培、牧草と園芸、第67巻第3号、p1-4 (2019)

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	104	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(4) マメ科緑肥の導入による葉菜類の減肥技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	秋田県農業試験場 生産環境部・中川進平、渋谷允、伊藤千春、渡辺恭平		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

秋田県では、米に大きく偏重した生産構造の改革と農業生産額の増大に向けて、園芸作物の生産拡大をはかっている。一方、堆肥等有機質資材の生産地が偏在していること、散布の為の機械装備が必要なことから、堆肥の利用が難しい地域も多い。このため、現場では代替有機物として緑肥が注目されているが、施用した場合の窒素供給量や、連用した場合の土壌肥沃度に及ぼす影響等不明な点も多い。

ここでは、マメ科緑肥のヘアリーベッチ（以下、ベッチ）を利用したキャベツの減肥栽培技術を確立するとともに、連用時の土壌肥沃度の変化を評価し土づくり効果を確認する。

2) 研究方法

○緑肥連用

(1) 試験場所・土壌条件

農試畑圃場A5-1、非アロフェン質黒ボク土。試験開始前（2015年春）に肥沃度の高低あり。2015年から緑肥とキャベツを輪作。

試験圃場の作土の化学性は次のとおり。

肥沃度	pH (H ₂ O)	T-C (g/kg)	T-N (g/kg)	Av-N (mg/kg)	Av-P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmol _c /kg)	Ex-Cation (cmol _c /kg)		
							K	Ca	Mg
高	6.6	51.8	3.6	55	640	26.1	1.2	17.6	4.0
低	6.2	50.3	3.3	44	405	24.4	0.9	12.5	3.6

(2) 試験区の概要

- ・慣行区：標肥（基18.0+追7.0 gN/m²、ベッチ無植栽）

- ・減肥+ベッチ区：ベッチ植栽暦1年（2015、2017、2018年の各年）、2年（2017～18年）、4年（2015～18年）の3区と基肥N25%減（基13.5+追7.0 gN/m²）の組合せ。
- ・減肥50%+ベッチ区：2016～18年の各年に、ベッチ植栽と施肥N50%減（基9.0+追3.6 gN/m²）の組合せ

※4年間、全区で堆肥は無施用。

(3) 耕種概要

年次	作目	品種	播種/定植		栽培暦		施肥(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:g/m ²)	
			上：播種量 下：栽植密度	方法 ^a	上：播種 下：定植	上：鋤込 ^b 下：収穫始	基肥 (標準量)	追肥
2015 ～18	ヘアリーベッチウインターベッチ		4g/m ²	散播後浅耕	4月3半旬	7月2半旬	0-0-0	0-0-0
	キャベツ 冬おもい		3.4株/m ²	機械移植	7月5半旬	10月2半旬～	18-15-18	7-0-0
2019	ヘアリーベッチ	なし	—	—	—	—	—	—
	キャベツ YR青春		3.3株/m ²	機械移植	5月9日	7月9日	18-15-18	7-0-0

注a) ヘアリーベッチの種子には、種子1kgあたり根粒菌（「スーパーまめっち」）22.5mLを塗布して播種。播種後の耕起深は5cm程度。

注b) ヘアリーベッチの鋤込みはモアで細断後、3日後にロータリ耕起で作土に混和。

注c) 窒素は硫安、リン酸は過石、カリは塩加を用いた。

○現地実証

(1) 試験場所・土壌条件

A：秋田県由利本荘市、斑鉄型グライ低地土、30a、暗渠・額縁明渠あり。2018年試験（畑転換2年目：前作＝キャベツ）。

B1：秋田県にかほ市、グライ化灰色低地土、30a、暗渠・額縁明渠あり。2018年試験（畑転換2年目：前作＝エダマメ）。

B2：秋田県にかほ市、グライ化灰色低地土、20a、暗渠・額縁明渠あり。2019年試験（畑転換4年目：前作＝ニンジン）。

地区	深さ (cm)	pH (H ₂ O)	EC (dS/m)	T-C (g/kg)	T-N (g/kg)	Av-P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmol _c /kg)
A	0-15	5.8	0.07	21.1	1.73	214	13.5
B1	0-20	6.0	0.06	31.7	2.94	310	19.2
B2	0-20	6.4	0.10	30.5	2.86	335	24.5

(2) 試験区

慣行区：堆肥2kg/m²+標肥（A、B共通）

減肥区：ベッチ+化肥3割減肥（A、B共通）

上乘A区：ベッチ+標肥+堆肥2kg/m²（Aのみ）、上乘B区：ベッチ+標肥（B1、B2）

※A、Bとも牛ふん堆肥。

(3) 耕種概要

圃場	作目	品種	播種/定植		栽培暦		施肥(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:g/m ²) ^b	
			上：播種量 下：栽植密度	方法	上：播種 下：定植	上：鋤込 下：収穫始	基肥 (現地慣行)	追肥
A	ヘアリーベッチウインターベッチ		3g/m ²	散播後浅耕	4月29日	7月10日	0-0-0	0-0-0
	キャベツ あさしお		3.5株/m ²	機械移植	7月26日	11月16日～	18.2-18.2-18.2	9.6-2.4-9.6
B1	ヘアリーベッチウインターベッチ		3g/m ²	散播後浅耕	4月17日	7月25日	0-0-0	0-0-0
	キャベツ 金剛		3.5株/m ²	機械移植	8月7日	11月12日～	25-6-12	1.6-0.4-1.6
B2	ヘアリーベッチウインターベッチ		3g/m ²	散播後浅耕	4月15日	7月17日	0-0-0	0-0-0
	キャベツ 金剛		3.3株/m ²	機械移植	8月7日	10月30日～	25-6-12	1.6-0.4-1.6

(4) 調査項目（両試験共通）

- ①緑肥：苗立ち本数、ベッチ鋤込み時の窒素集積量、窒素無機化率

- ②キャベツ：収量、養分吸収量
- ③土壌：土壌貫入硬度、基本的な土壌化学性

3) 研究結果

○緑肥連用

(1) 春播種のヘアリーベッチを約12週栽培した場合、刈倒し時のベッチの乾物重が236～462g/m²、窒素集積量は8～18gN/m²、全期間平均が12g/m²であった。また、カリは14kg/m²であり、窒素よりも集積量が多かった（表1）。

(2) ベッチを混和した後の土壌窒素発現は、培養温度25℃では約30%が10日間で、約50%が77日間で無機化した（図1）。

(3) ベッチをガラス繊維ろ紙に包み、土壌に埋設して炭素の分解率を求めたところ、ベッチの窒素は埋設開始した2015年の栽培期間中に約75%が分解した。埋設後約1年間で83%分解したものの、その後の分解率は埋設後1年目と変わらなかった。ベッチの窒素は2年間経過しても、15%程度が残存すると推定される（図2上）。また、ベッチの炭素の分解率も窒素と同様の傾向であった（図2下）。

(4) ベッチ植栽1年とキャベツの減肥栽培では、基肥窒素を25%減肥しても、慣行栽培と同等以上の収量であった。しかし、ベッチ4年連用とベッチ1年植栽では、収量に差が無く、ベッチ連用が収量に及ぼす影響は判然としなかった。肥沃度の違いでは、低肥沃度圃場は、ベッチと減肥の組合せ区が慣行区よりも増収した（図3）。

(5) ベッチを4年連用した土壌における、減肥率とキャベツの可販物収量の関係は、低肥沃度圃場の施肥窒素50%減肥では、基肥窒素25%減よりも減収した（図4）。

(6) ベッチ植栽年数と作土の可給態窒素の関係では、ベッチ連用によって、作土の可給態窒素はベッチ無植栽よりも増加したが、植栽年数の違いは判然としなかった（図5）。

(7) ベッチ由来の窒素量と鋤込んだ土壌からの窒素無機化率から、キャベツ栽培の基肥窒素の減肥量の算定根拠とした。これに基づいた減肥栽培の結果より、キャベツの基肥25%減肥栽培は、いずれの年次も慣行栽培と同等以上の収量であったが、50%減肥栽培は、慣行栽培よりも相対的に減収する場合があった。

肥沃度別では、高肥沃度圃場はベッチを利用した場合のキャベツの収量や養分吸収が慣行区と差が無く、また植栽年数の違いも無く、ベッチの効果が判然としなかった。一方、低肥沃度圃場では、概ね植栽年数に応じてキャベツの収量や窒素吸収量が増加した。また、ベッチの植栽年数や化学肥料の減肥量の影響が見られた。

表1 刈倒し時のベッチの成分

区	乾物量 (g/m ²)	濃度(%)			集積量(g/m ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
農2015	416	3.6	0.8	4.9	15	3.4	21
農2016	398	3.8	1.2	5.1	16	4.7	21
農2017	342	3.9	1.2	5.6	13	3.9	19
農2018	319	3.1	0.9	3.1	10	2.9	10
A	236	3.3	1.0	3.0	8	2.4	7
B1	462	2.6	0.8	2.6	12	3.9	12
B2	421	4.2	0.9	5.8	18	4.1	25
全区	346	3.4	1.0	4.0	12	3.4	14

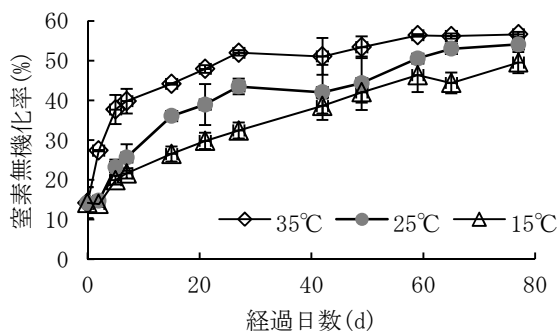


図1 ヘアリーベッチ由来の窒素無機化率

注1) 秋田農試栽培のベッチを畑培養し、差引き方からベッチ由来の窒素無機化量を求めた。

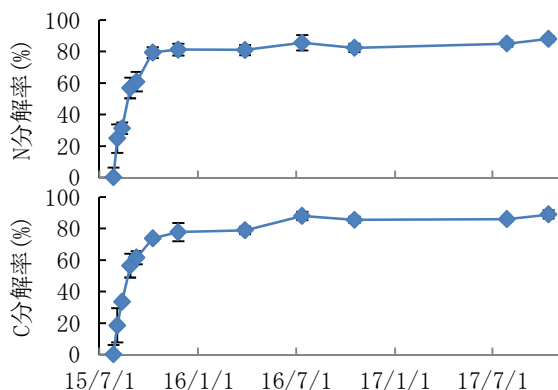


図2 埋設法によるヘアリーベッチの窒素（上）および炭素（下）の分解率

注1) エラーバーは標準誤差 (n=4) を示す。
注2) 差引き法により緑肥窒素分解率を求めた。

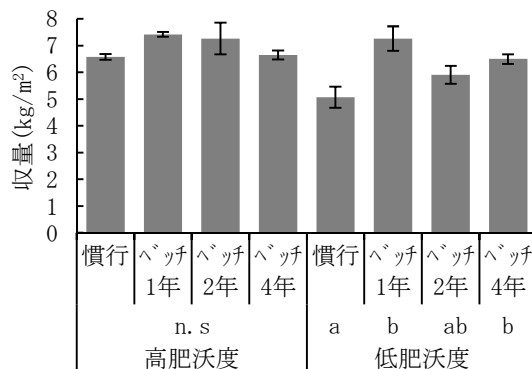


図3 ベッチ植栽年数とキャベツの可販物収量

注1) エラーバーは標準誤差。注2) 2018年調査。
注3) n.sは5%水準で有意差が無し。異なるアルファベット間には有意差あり (Tukey)。

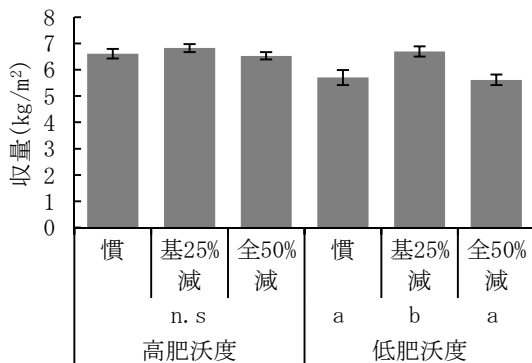


図4 減肥割合とキャベツの可販物収量

注1) エラーバーは標準誤差。注2) 2016~18年調査。
注3) n.sは5%水準で有意差が無し。異なるアルファベット間には有意差あり。

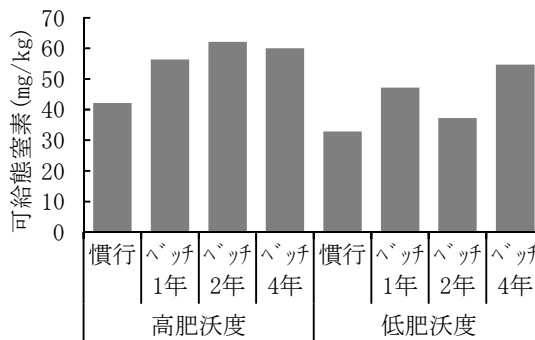


図5 ベッチ植栽年数と作土の可給態窒素

注1) 可給態窒素は畑培養 (30℃、4週間)。
注2) 作土深は0~20cm。注3) 2018年キャベツ収穫後から採取

○現地実証

(8) 春播種のヘアリーベッチを70~90日栽培した場合、刈倒し時のベッチの窒素濃度は、Aが3.3%、B1が2.6%、B2が4.2%で圃場により差があり、A~B2のベッチの平均窒素濃度は約3.4%、窒素集積量は平均が13g/m²であった (表1)。

(9) 慣行区と比較して、全重はB2圃場の減肥区が大きかった。球径はB2圃場の減肥区と上乘区、球高はA圃場の上乘区とB2圃場の2区が大きかった。球密度と調整重には差が認められなかった (表2)。

(10) 可販収量は、A圃場の減肥区が慣行区よりも低いものの有意な差がなく、全ての圃場において化肥を30%減肥しても慣行区と同等であった。また、収穫始期の可販収量は、B1とB2圃場の減肥区と全圃場の上乘区において、秋田県の業務加工用キャベツの目標収量 (6kg/m²) を上回った (図6)。

(11) キャベツの乾物重は、AとB1圃場ではすべての時期で処理区の差が認められなかった。B2圃場では、減肥区が結球始と収穫始に慣行区よりも大きかった (図7)。

(12) キャベツの窒素吸収量は、B2圃場の2区が結球始と収穫始に慣行区よりも大きかった。AとB1圃場はすべての時期で処理区の差が認められなかった (図8)。

(13) キャベツ収穫後の土壌物理性では、1層に処理区の差はなかったが、2層は緑肥を植栽した減肥区と上乘区の仮比重が慣行よりも小さく、気相が多かった（表3）。

表2 収穫始のキャベツの全重、調整重、形態

圃場	区	全重量 (g/m ²)	調整重 (g/個)	球径 (cm)	球高 (cm)
A	慣行	8533	1656	19.4	13.4
	減肥	7849	1521	18.8	13.1
	上乘A	9572	1922	20.8	14.4 *
B1	慣行	10956	1900	22.3	14.1
	減肥	11931	2060	22.7	14.7
	上乘B	11902	2069	22.5	14.6
B2	慣行	8889	1737	21.5	14.3
	減肥	11147 *	2114	23.8 **	15.6 *
	上乘B	10824	2098	23.8 **	15.9 **

注1) 記号は、慣行に対して*: 5%、**: 1%水準で有意差あり (Dunnett)。

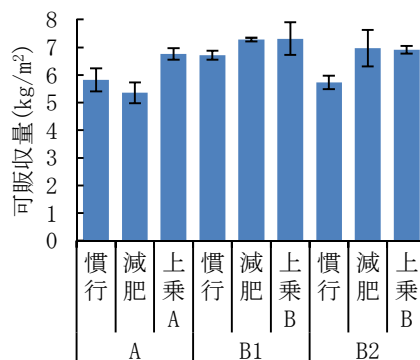


図6 キャベツの可販物収量

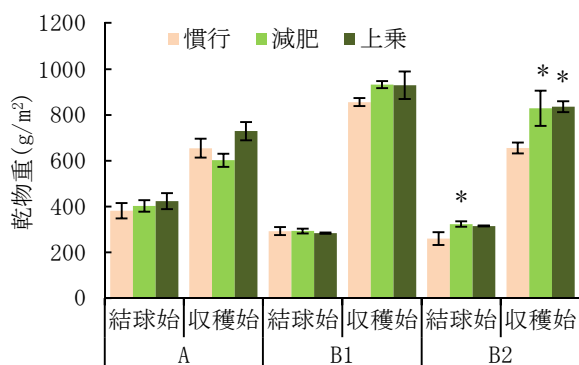


図7 時期別のキャベツの乾物重

注1) 図中の記号は、慣行に対して*: 5%、**: 1%水準で有意差あり (Dunnett)。

注2) 結球始はA=2018年9月27日、B1=2018年9月27日、B2=2019年9月24日。収穫始はA=2018年11月16日、B1=2018年11月12日、B2=2019年10月30日。

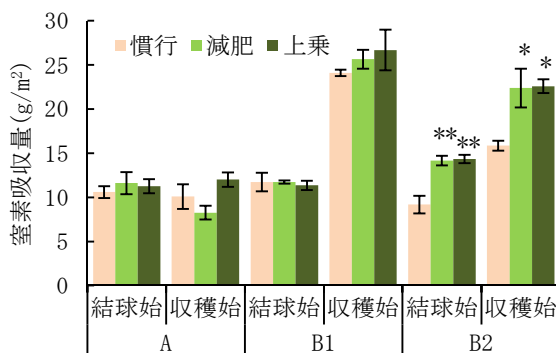


図8 キャベツの窒素吸収量

注1) 図中の記号は、慣行に対して*: 5%、**: 1%水準で有意差あり (Dunnett)。

注2) 結球始はA=2018年9月27日、B1=2018年9月27日、B2=2019年9月24日。収穫始はA=2018年11月16日、B1=2018年11月12日、B2=2019年10月30日。

表3 キャベツ収穫後の土壌物理性 (B2圃場)

区	1層: 0~15cm				2層: 15~30cm			
	仮比重 (Mg/m ³)	相組成(m ³ /m ³)			仮比重 (Mg/m ³)	相組成(m ³ /m ³)		
		固相	液相	気相		固相	液相	気相
慣行	0.86	0.33	0.43	0.24	0.99	0.38	0.49	0.13
減肥	0.86	0.33	0.40	0.28	0.94	0.36	0.47	0.17
上乘	0.85	0.33	0.41	0.26	0.95	0.36	0.47	0.16

注1) 各処理区は3反復。

4) 成果活用における留意点

- ・転換畑でヘアリーベッチを植栽する場合は、排水対策を実施し、ヘアリーベッチ専用の根粒菌を使用する。
- ・秋冬採りの野菜栽培において、緑肥を利用した化学肥料の減肥栽培に活用できる。

5) 今後の課題

ベッチ4年植栽によって、土壌の可給態窒素が高くなったが、肥沃度が高い土壌では、キャベツの収量、窒素吸収にベッチ植栽年数の違いは認められなかった。連用効果が表れる土壌窒素肥沃度との関係が残されている。

また、現地圃場において、根粒菌を接種したベッチ種子を播種しても、ベッチに根粒菌が着生せず生育が停滞し、十分な生育量（窒素集積量）を得ることができないケースがあった。ベッチの生育が不良になる条件を明らかにする必要がある。

<引用文献>

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	105	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(5) マメ科緑肥による窒素供給パターンの解明と緑肥後の作物に対する減肥可能量の解明		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	雪印種苗(株) 研究開発本部 植物機能性研究Ⅰグループ 佐久間太・宮本拓磨、植物機能性研究Ⅱグループ 和田美由紀・宮城果奈、飼料研究グループ 川越大樹		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

夏作マメ科緑肥(クロタラリア)後のサツマイモおよびマメ科緑肥(ヘアリーベッチ:以下ベッチ)後のスイートコーンおよびタマネギについて、後作の生育時期別に窒素吸収量を分析するとともに土壌中の無機態窒素を測定することで、緑肥による窒素供給パターンを解明する。また、収量や品質、コスト軽減効果などを慣行栽培と比較することで後作への窒素等の減肥技術を確立させる。

2) 研究方法

試験は千葉県と北海道で実施した。各試験の耕種概要の詳細については表1の通りである。千葉県ではクロタラリアを前年夏にすき込み、後作のサツマイモに対して50～100%減肥する区を設けた。同じく千葉県でベッチをすき込み、直後のスイートコーンに対して20～30%減肥する区を設けた。上記両試験について、慣行圃場だけではなく有機圃場での試験も実施した。北海道ではベッチを前年にすき込み、後作のタマネギに対して20～30%減肥する区を設けた。2年目の試験からは、ベッチ単播のみならずベッチとエンバクの混播緑肥も供試して有機物量確保を図った。これらすべての試験において、緑肥の窒素吸収量、後作物の慣行区に対する生育および収量の差異、土壌中の無機態窒素含量などについて調査した。また、土づくり(炭素貯留)効果を評価するため、ガラス繊維埋設試験を実施した。最終的に、緑肥導入時のコストを試算し、緑肥すき込みによる減肥栽培の可能性について評価した。

表1. 各試験の耕種概要

地区	試験年度	土壌分類名	緑肥						後作物	
			草種	品種	播種量 kg/10a	播種日	施肥量 kg/10a	すき込み日	後作物	施肥レベル
1 千葉県成田市	2017-2018年	腐植質 普通黒ボク土	クロタラリア	ネマックス	8	2017/6/22	なし	2017/9/15	サツマイモ	慣行 (4-22.6-9.3kg/10a) 50%減肥 100%減肥
2 千葉県香取市 (有機圃場)	2018-2019年	腐植質 普通黒ボク土	クロタラリア	ネマックス	8	2018/7/27	なし	2018/10/2	サツマイモ	慣行 (6-6-5.2kg/10a) 100%減肥
3 千葉県八街市	2016年	腐植質 普通黒ボク土	ベッチ	藤えもん	4	2016/3/12	なし	2016/5/18	スイートコーン	慣行 (19.6-19.6-19.6kg/10a) 20%減肥 50%減肥
4 千葉県山武市 (有機圃場)	2015-2018年	腐植質 普通黒ボク土	ベッチ	藤えもん	4	2015/10/27 2016/10/25 2017/10/31 2018/4/26	なし	2016/4/30 2017/4/30 2018/4/26	スイートコーン	慣行 (16-16-13.8kg/10a) 100%減肥
5 千葉県千葉市	2016-2019年	腐植質 普通黒ボク土	ベッチ	藤えもん	4	2016/2/25 2017/2/24 2018/3/2 2018/10/29* 2019/3/12*		2016/5/24 2017/5/30 2018/5/28 2019/5/24	スイートコーン	慣行 (19.6-19.6-19.6kg/10a) 20%減肥 100%減肥
6 北海道北見市	2015-2016年	細粒質普通粘土 集積赤黄色土	ベッチ	まめ助 藤えもん	5	2015/8/29	4.2N	2015/10/21	タマネギ	慣行 (14-28-14kg/10a) 30%減肥
7 北海道長沼町	2016-2017年	下層黒ボク普通 未熟黒ボク土	ベッチ エンバク 混播	まめ助 スワン 混播	5 10 3:7	2016/8/29	2.1N	2016/11/2	タマネギ	慣行 (12-30-10kg/10a) 20%減肥 100%減肥
8 北海道由仁町	2016-2017年	細粒質普通 褐色低地土	ベッチ エンバク 混播	まめ助 スワン 混播	5 10 3:7	2016/9/2	2.1N	2016/10/17	タマネギ	慣行 (20-36-24kg/10a) 20%減肥 30%減肥
9 北海道由仁町	2017-2018年	細粒質普通 褐色低地土	ベッチ エンバク 混播	まめ助 スワン 混播	5 10 3:7	2017/9/7	2.1N	2017/10/19	タマネギ	慣行 (20-36-24kg/10a) 20%減肥 30%減肥
10 北海道北見市	2017-2018年	細粒質普通粘土 集積赤黄色土	ベッチ エンバク 混播	まめ助 スワン 混播	5 10 3:7	2017/8/27	2.1N	2017/10/14	タマネギ	慣行 (14-28-14kg/10a) 30%減肥
11 北海道北見市	2018-2019年	細粒質普通粘土 集積赤黄色土	ベッチ エンバク 混播	まめ助 スワン 混播	5 10 3:7	2018/9/12	2.1N	2018/10/22	タマネギ	慣行 (12-24-7.2kg/10a) 30%減肥

*同一試験

10と11の試験は、堆肥併用試験を実施しており、緑肥区には豚ふん堆肥0、2t/10a区、無栽培区には0、4t/10aを設置した

3) 研究結果

【千葉県サツマイモ】2017年（慣行圃場）および2018年（有機圃場）のクロタラリアはいずれも17kg/10a前後の窒素吸収量であった。慣行圃場の後作サツマイモはクロタラリア導入の全区で無栽培区よりも有意に増収し、100%減肥しても慣行区対比10%超の収量となった。有機圃場の後作サツマイモは、無栽培無施肥区でも大幅な減収とはならず処理間差が認められない結果であったが、クロタラリア区のA品率が向上する傾向にあった（表2）。いずれの圃場でもクロタラリアすき込み後は無栽培区と比較すると、試験期間を通して土壤中の硝酸態窒素および交換性カリの濃度が高く維持されており、収量増加や品質向上に影響を及ぼしたと思われる。慣行圃場での結果でコスト試算した場合、サ

表2. 2017年～2019年のクロタラリアの養分吸収量および後作サツマイモの収量（千葉県）

試験年	圃場	前作	施肥処理	試験開始 前土壤中 全窒素 (%)	クロタラリアの 養分吸収量(kg/10a)			総イモ重		規格別割合 (%) ¹						
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(kg/10a)	対比	A	B	A+B	C	丸		
2017- 2018年	慣行 圃場	慣行	慣行	0.34	16.7	3.3	22.8	2542 ± 327	174	1458 ± 242	100	49	32	81	19	0
			クロタラリア					2705 ± 93	186							
			50%減肥					2594 ± 306	178							
			100%減肥					1401 ± 187	96							
2018- 2019年	有機 圃場	慣行	慣行	0.44	17.6	2.9	22.2	1281 ± 97	82	1556 ± 70	100	16	28	44	56	0
			クロタラリア					1474 ± 98	95							
			施肥					1566 ± 70	100							
			無施肥					1363 ± 89	88							

2017-2018年の値は平均値±標準誤差 (n=3)。2018-2019年の値は平均値±標準誤差 (n=2)。

サツマイモの収量は50g以上の上イモを対象としている。

1：千葉県サツマイモ選果基準に準じて調査、2017-2018年は全体の虫害がひどく、調査していない。出荷はB規格まで。

2018年のサツマイモ挿苗日：6月25日、サツマイモ収穫日：9月20日

2019年のサツマイモ挿苗日：5月29日、サツマイモ収穫日：10月7日

ツマイモの増収分と、510kg/10aの牛糞堆肥相当の土づくり効果が得られることから223,805円/10aの所得増となった。

【千葉県スイートコーン】ベッチの栽培時期は試験年や圃場によって秋播きと春播きが混在しているが、2017年の春播きと2019年の春播きを除いて、ベッチの窒素吸収量は15kg/10a程度もしくはそれ以上であった。化学肥料を施肥する慣行圃場においては、ベッチすき込み後20～30%減肥栽培をしても平均して慣行区対比99%の収量が得られた。一方、有機質肥料を施肥する有機圃場においては、ベッチすき込み後無施肥栽培をした場合、平均すると慣行区対比およそ1割の減収となった（図1）。



図1. 2016年～2019年のベッチすき込み後のスイートコーンの収量（千葉県）
ベッチ区上部の色掛けはベッチの窒素吸収量を表している。減肥割合は2016年のみ20%で、以降は30%である。

慣行圃場の結果でコスト試算した場合、ベッチ導入によるかかり増し経費と、削減される費用がほとんど変わらないため、所得増は期待できない結果となった。しかしながら、ベッチをすき込むとスイートコーン収穫後も土壌中の硝酸態窒素含量が高い傾向にあり、3年間連用試験を実施した有機圃場においてもその傾向はみられ、硝酸態窒素含量は3年目のスイートコーン収穫時で慣行区よりも高く、ベッチの導入が土壌肥沃度の維持増加に貢献できる可能性があることがわかった（図2）。

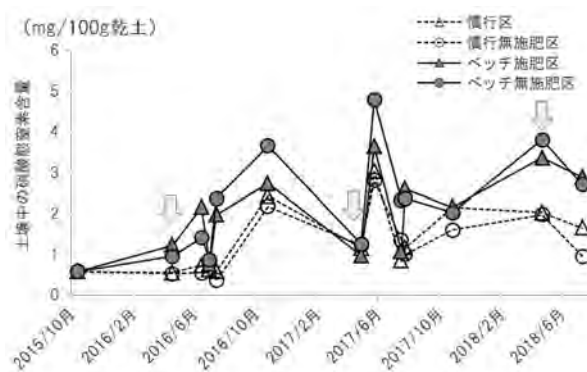


図2. 2015年～2018年の試験圃場（千葉県・有機圃場）における土壌中の硝酸態窒素含量の推移
矢印はベッチすき込み時期を表している

表3. 2016年～2018年の緑肥の生育と養分吸収量（北海道）

試験 番号	試験 年度	試験 場所	試験 処理区	まめ助		エンバク			総体			圃場からの						
				草丈	草丈	生収量	乾物収量	乾物率	生収量	乾物収量	乾物率	乾物収量	総体養分吸収量 (kg/10a)					
				cm	cm	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a	N	P	K	N	P	K
7	2016	北海道	まめ助	32	-	1282	155	12.0	-	-	-	155	7.8	0.8	6.8	5.7	0.8	6.8
			長沼町 混播	42	84	218	23	10.7	2020	307	15.2	330	8.6	1.2	13.4	6.5	1.2	13.4
8	2016	北海道	まめ助	34	-	973	110	11.3	-	-	-	110	4.4	0.8	4.6	2.3	0.8	4.6
			由仁町 混播	33	62	180	16	8.7	2088	204	9.8	220	9.4	1.3	12.3	7.3	1.3	12.3
9	2017	北海道	まめ助	16	-	139	23	16.6	-	-	-	23	1.0	0.1	0.9	-1.1	0.1	0.9
			由仁町 混播	15	25	48	8	17.5	243	32	13.3	40	1.8	0.3	1.9	-0.3	0.3	1.9
10	2017	北海道	まめ助	26	-	628	83	11.6	-	-	-	83	4.6	0.7	3.4	2.5	0.7	3.4
			北見市 混播	31	55	303	27	8.8	831	104	12.6	130	5.0	1.0	5.9	2.9	1.0	5.9
11	2018	北海道	まめ助	19	-	210	34	16.1	-	-	-	34	1.6	0.3	1.3	-0.5	0.3	1.3
			北見市 混播	18	31	79	12	15.3	348	57	16.5	69	2.1	0.6	2.7	0.0	0.6	2.7

表4. 緑肥の播種時期の違いが収量に及ぼす影響（北海道、2019年）

試験 番号	試験 年度	試験 処理区	播種日	まめ助		エンバク			総体				
				草丈	草丈	生収量	乾物収量	乾物率	生収量	乾物収量	乾物率	乾物収量	比
				cm	cm	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a	
		8月下旬播種	8/28	52	105	653	77	11.8	3483	565	16.3	642	100
		9月上旬播種	9/10	26	59	115	14	11.8	891	102	11.5	116	18

表5. 2017年～2019年の緑肥すき込み後のタマネギの収量（北海道）

試験 番号	試験 年度	試験 処理区	まめ助			混播		
			規格内率	規格内収量	生産者	規格内率	規格内収量	生産者
			%	kg/10a	慣行対比	%	kg/10a	慣行対比
6	2016	30%減肥	100	6833	97	-	-	-
8	2017	30%減肥	100	8760	108	98	9190	113
9	2018	30%減肥	99	6860	97	100	6380	90
10	2018	30%減肥+堆肥50%減肥	99	4640	89	100	5140	99
		30%減肥+堆肥無施肥	99	5360	103	100	5340	103
11	2019	30%減肥+堆肥50%減肥	99	5120	90	100	5860	103
		30%減肥+堆肥無施肥	99	6260	110	99	5930	105
化成肥料30%減肥平均					99			102

【北海道タマネギ】タマネギ後作緑肥として、収穫後の短期間に緑肥の窒素吸収量を確保するにはベッチ単播よりもエンバクと混播することが有用であることがわかった。これはタマネギの収穫が遅れて緑肥の播種期が遅くなってしまう場合や、緑肥の栽培時期が低温期にあってしまう場合などで特に効果的となる（表3）。緑肥の播種期が早いほど多収となる結果は表4の通りである。また、初年目の試験でベッチの品種比較を行なったところ、「まめ助」区のタマネギでやや多収となることが明らかとなったため、以降の試験は「まめ助」のみを供試して試験を実施した。

後作タマネギは、緑肥栽培区で化学肥料を30%減肥した場合、ベッチ単播区は平均で慣行区対比99%の収量、混播区は平均で対比102%の収量が得られた。混播区では前述の通り、有機物供給量が多くなることから、ベッチ単播区よりもタマネギ増収に影響があったものと考えられる（表5）。

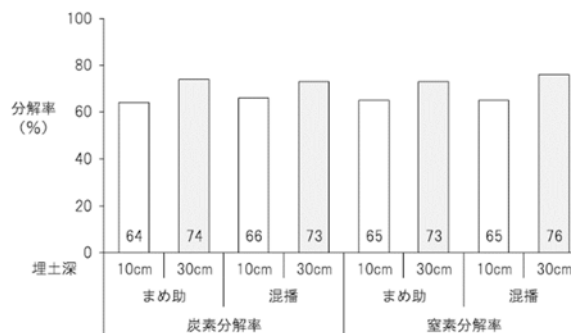


図3. 2017年～2019年のガラス繊維埋設試験による各緑肥の炭素および窒素の分解率（2か年平均、北海道）
2017年の埋設日：2017年11月22日、掘り出し日：2018年3月28日
2018年の埋設日：2018年12月4日、掘り出し日：2019年5月16日

【緑肥すき込み方法の違いが緑肥の分解率に及ぼす影響】緑肥のすき込み時の機械の違いを想定して各種有機物を調製したガラス繊維を土中10cm深（ロータリー耕）と30cm深（プラウ耕）に埋設したところ、炭素および窒素ともに分解率が70%程度となり低温下でも分解が進むことが明らかとなった（図3）。深さ別にみると、30cm深の方がより分解が進む傾向にあった。

4) 成果活用における留意点

クロタラリアの導入時にはサツマイモを1作休閑しなければならないことを考慮して作付け計画を立てる。また、細断およびすき込みは作物体が木質化する前の9月中に実施するようにする。

タマネギに緑肥を導入する際、早生品種のタマネギでなければ緑肥の播種時期の問題から、継続的な緑肥の導入は難しいが、単年度であれば晩生品種でも導入は可能である。由仁町での試験において、試験圃場の慣行施肥量が道内基準量よりも多かったことから（表1）、緑肥栽培区のタマネギで軟腐病をはじめとした腐れ症状が多発した年があった。このことから、地域によっては緑肥栽培後の減肥が必要となる場合もある。

5) 今後の課題

クロタラリアは線虫抑制効果を有しているが、線虫汚染圃場での減肥栽培の検証ができておらず、化学肥料のみならず殺線虫剤の使用量減の可能性が残されている。本課題では単年の試験が多く、緑肥作物の長期的な導入効果の解明が必要である。

<引用文献>

特になし

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	106	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(6) 緑肥の導入期間に配慮した野菜の減肥技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	長崎県農林技術開発センター・土壌肥料研究室・五十嵐総一、芳野豊		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

- (1) 長崎県のブロッコリー栽培体系に適した緑肥導入のため、緑肥の品種・栽培期間が養分供給効果に与える影響を解明する。
- (2) 緑肥の草種選定・栽培期間を検討し、緑肥導入と鶏ふん堆肥を利用した化学肥料50%減肥技術の開発を行う。

2) 研究方法

- (1) 緑肥の草種選定と栽培期間が養分供給効果に与える影響
 - ア 試験場所（土壌の種類）：センター内圃場（山地黄色土）
 - イ 供試作物・品種：クロタラリア「ネマキング」「ネマコロリ」、ソルガム「つちたろう」、エビスグサ「エビスグサ」計4種類
 - ウ 試験区の構成と実験計画：3反復

草種	品種	播種日	播種量 (g/m ²)	緑肥刈り取り日	栽培日数
クロタラリア	ネマキング	2017/5/23	6.0	2017/7/11	49日
	ネマコロリ				
ソルガム	つちたろう		5.0	2017/7/20	58日
エビスグサ	エビスグサ				

エ 耕種概要：4 m²/区、無施肥

オ 調査項目：

- ・緑肥の地上部生育量（草丈、新鮮重、乾物重）、C/N比
- ・窒素・炭素分解率（埋設試験）：埋設期間1・2・4・8・12週間
- ・窒素無機化量（室内培養試験）：インキュベーション瓶に風乾土20g（最大容水量の60%になるよう水分含量を調整）に緑肥400mgを混合し、ポリエチレンフィルムと輪ゴムで覆い、培養温度30℃、培養期間1・2・4・11週間の条件で保温静置した。

(2) 緑肥と鶏ふん堆肥の併用による50%減肥体系の検証

A センター内試験

- ア 試験場所（土壌分類名）：センター内圃場（山地黄色土）
- イ 供試作物・品種：緑肥 クロタラリア「ネマコロリ」（雪印種苗）
供試作物・品種：主作物 ブロッコリー「おはよう」（サカタのタネ）
※平成29年度のみセンター内試験および現地試験で早生品種「サマードーム」を導入したが黒腐病が発生したため次年度以降は「おはよう」とした。
- ウ 試験区の構成と実験計画：表1のとおり、各試験区3反復

表1 センター内試験における試験区の構成（令和元年度試験分）

No.	試験区	化学肥料			鶏ふん堆肥	緑肥	N合計
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	
		(kg/10a)			(kg/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)
1	減肥区(堆肥・緑肥あり)	12.5	11.0	12.5	9.2	3.3	25.0
2	減肥区(堆肥あり)	12.5	11.0	12.5	9.2	-	21.7
3	減肥区(緑肥あり)	12.5	11.0	12.5	-	3.3	15.8
4	減肥区(堆肥・緑肥なし)	12.5	11.0	12.5	-	-	12.5
5	慣行区	25.0	22.0	25.0	-	-	25.0
6	堆肥区	-	-	-	9.2	-	9.2
7	緑肥区	-	-	-	-	3.3	3.3
8	無処理区	-	-	-	-	-	-

※化学肥料50%削減で緑肥と鶏ふん堆肥で補う窒素量＝県基準窒素量 $25 \text{ kg}/10\text{a} \times 1/2 = 12.5 \text{ kg}/10\text{a}$
 緑肥からの窒素供給量＝緑肥乾物量×窒素含有率×分解率＝ $0.44 \text{ kg}/\text{m}^2 \times 1.8\% \times 42\% = 3.3 \text{ kg}/10\text{a}$
 鶏ふん堆肥から供給すべき窒素量＝ $12.5 \text{ kg} - 3.3 \text{ kg} = 9.2 \text{ kg}/10\text{a}$
 鶏ふん堆肥の投入量＝ $9.2 \text{ kg} / (堆肥窒素含有率 \times 分解率) = 9.2 \text{ kg} / (5\% \times 50\%) = 368 \text{ kg}/10\text{a}$
 なお、鶏ふん堆肥は年度ごとに肥料分析を実施し、その結果から施用量を算出した。

エ 調査項目

緑肥の地上部生育量、ブロッコリーの収量および養分吸収量、土壌の化学性、堆肥（鶏ふん・牛ふん）および緑肥の窒素・炭素分解率

B 現地試験

- ア 試験場所（土壌の種類）：雲仙市吾妻町（山地黄色土）
- イ 供試作物・品種：緑肥 クロタラリア「ネマコロリ」（雪印種苗）
※農家慣行区はソルガムを栽培
供試作物・品種：主作物 ブロッコリー「おはよう」（サカタのタネ）
- ウ 試験区の構成と実験計画：表2のとおり、各試験区3反復

表2 現地試験における試験区の構成（令和元年度試験分）

No.	試験区	化学肥料			鶏ふん堆肥 ^z	緑肥	N合計 (kg/10a)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	
		(kg/10a)			(kg/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)
1	減肥区(堆肥・緑肥あり)	8.8	4.7	5.0	5.5	3.3	17.6
2	減肥区(堆肥あり)	8.8	4.7	5.0	5.5	-	14.3
3	長崎県基準慣行区	25.0	22.0	25.0	-	-	25.0
4	農家慣行区 ^y	17.6	9.4	10.0	-	-	17.6

^z 化学肥料の削減により緑肥と鶏ふん堆肥で補う窒素量=慣行窒素量17.6 kg/10a×1/2=8.8 kg/10a

緑肥からの窒素供給量=緑肥乾物量×窒素含有率×分解率=0.44 kg/m²×1.8%×42%=3.3 kg/10a

鶏ふん堆肥から供給すべき窒素量=8.8 kg - 3.3 kg=5.5 kg/10a

堆肥の投入量=5.5 kg/ (堆肥窒素含有率×分解率) =5.5 kg/(5%×50%)=220 kg/10a

^y 農家慣行区：現地基肥は有機入り配合肥料（N:P₂O₅:K₂O=12:10:8）、追肥は化成肥料（N:P₂O₅:K₂O=20:3.5:9）を使用

エ 調査項目 緑肥草丈・新鮮重、ブロッコリー収量および養分吸収量、土壌の化学性（ブロッコリー栽培前後）

3) 研究結果

(1) 緑肥の草種選定と栽培期間が養分供給効果に与える影響

- ・長崎県のブロッコリー栽培体系（8月下旬～9月上旬定植、年内収穫）に適する緑肥を4品種から選定した結果、栽培期間49日および58日における緑肥4品種間の総窒素含量は「ネマコロリ」が最も高く、地上部C/N比は最も低い結果が得られた（表3）。
- ・室内培養試験における「ネマコロリ」の窒素無機化量は、栽培期間49日では培養4週間後における窒素溶出が見られたものの、栽培期間58日では窒素が有機化し、溶出は確認されなかった。このことから、緑肥の栽培期間は早い時期の窒素肥効が望める栽培期間49日頃が適していると判断された（図1、図2）。
- ・以上の結果から、窒素供給効果が高い「ネマコロリ」が供試した緑肥4品種中で化学肥料減肥を目的とした利用に最も望ましいと考えられた。
- ・なお、「ネマコロリ」は栽培期間49日頃の開花期以降になると草丈が高くなり茎の繊維質が強靱になるため、細断・すき込み時に農業機械に絡みついて作業性が悪くなることから栽培期間は49日頃（5月下旬播種、7月中旬細断・すき込み）が適していると思われる。

表3 草種・栽培期間が緑肥の生育および窒素含量に及ぼす影響

草種	品種	草丈		地上部新鮮重		地上部乾物重		水分	
		(cm)		(kg/m ²)		(kg/m ²)		(%)	
		49日	58日	49日	58日	49日	58日	49日	58日
クロタラリア	ネマキング	52 c ^z	79 c	1.3 b	3.6 a	0.18 b	0.58 a	86.7 a	83.8 a
〃	ネマコロリ	120 b	149 b	2.9 a	3.5 a	0.47 a	0.80 a	83.9 a	76.5 b
ソルガム	つちたろう	151 a	191 a	2.3 ab	4.8 a	0.36 ab	0.83 a	84.7 a	83.3 a
エビスグサ	エビスグサ	58 c	98 c	1.7 ab	3.1 a	0.24 b	0.55 a	85.8 a	82.3 ab

草種	品種	地上部窒素含有率		地上部炭素含有率		地上部窒素含量		地上部炭素含量	
		(g/kg)		(g/kg)		(g/m ²)		(g/m ²)	
		49日	58日	49日	58日	49日	58日	49日	58日
クロタラリア	ネマキング	22.8	28.3	405	410	4.0	16.3	71.0	236.7
〃	ネマコロリ	28.9	35.4	421	432	13.6	28.2	197.8	344.4
ソルガム	つちたろう	12.4	12.1	409	382	4.5	10.1	148.9	317.8
エビスグサ	エビスグサ	19.0	22.3	398	403	4.6	12.4	96.4	223.4

草種	品種	総窒素含量 ^y		地上部C/N比	
		(g/m ²)			
		49日	58日	49日	58日
クロタラリア	ネマキング	4.3	16.4	17.8	14.5
〃	ネマコロリ	13.7	28.3	14.6	12.2
ソルガム	つちたろう	5.2	10.2	32.9	31.6
エビスグサ	エビスグサ	5.0	12.5	21.0	18.0

^z : Tukeyの多重検定により同列の異なる文字間に5%水準で有意差あり

^y : H29年度地上部窒素含有率*地上部乾物重+(H28年度「栽培期間53日の地下部窒素含量」

*H28年度S/R比よりもとめた地下部乾物重)

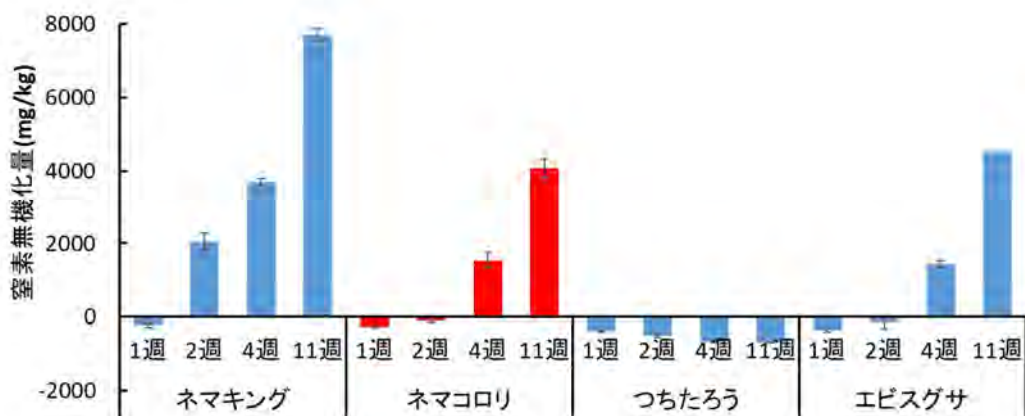


図1 緑肥の窒素無機化量 (栽培期間49日)

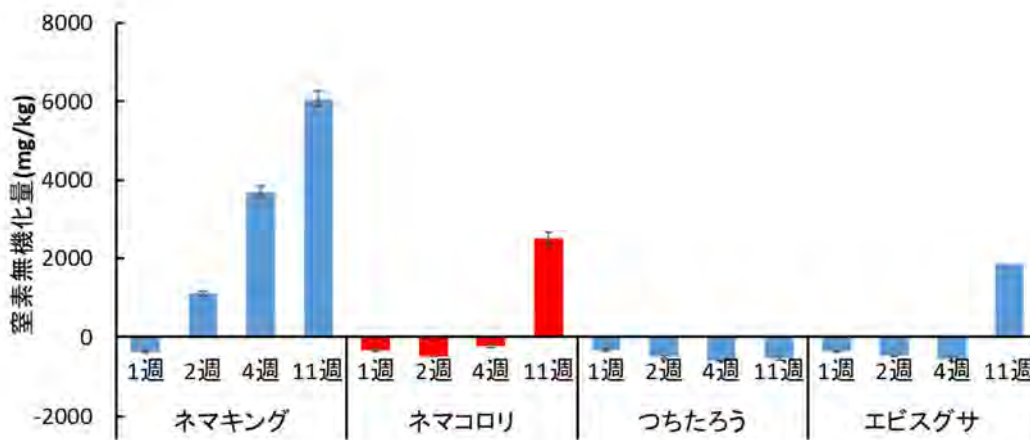


図2 緑肥の窒素無機化量（栽培期間58日）

(2) 緑肥と堆肥の併用による5割減肥体系の検証

A センター内試験

- ・ブロッコリー収量調査結果における「No.1 減肥区（堆肥・緑肥あり）」は「No.5 慣行区」と比較して収穫日、全重、花蕾重および収量で有意差は確認されなかった（表4）。この結果は平成28年度～令和元年度試験で共通しており、化学肥料を50%減肥し、緑肥と鶏ふん堆肥を併用することで慣行栽培と同等の効果があるものと考えられる。
- ・「No.1 減肥区（堆肥・緑肥あり）」と「No.2 減肥区（堆肥あり）」は施肥窒素量に差があるものの、「No.2 減肥区（堆肥あり）」の収量は「No.5 慣行区」と有意差はなかった（表4）。しかし、「No.5 慣行区」との収量差は「No.1 減肥区（堆肥・緑肥あり）」より大きく、「No.1 減肥区（堆肥・緑肥あり）」の栽培体系が本調査で最も望ましいものと考えられる。

表4 センター内試験ブロッコリー収量調査結果（令和元年度試験分）

No.	処理区	収穫株率 ^z (%)	収穫日 ^y (月/日)	全重 (g/株)	花蕾重 (g/株)	収量 ^x (kg/10a)
1	減肥区（堆肥・緑肥あり）	96	12/2 a ^w	1280 ab	278 ab	1073 ab
2	減肥区（堆肥あり）	93	12/4 a	1225 ab	241 ab	897 ab
3	減肥区（緑肥あり）	80	12/7 ab	1057 ab	253 ab	810 b
4	減肥区（堆肥・緑肥なし）	40	12/10 b	959 bc	228 b	365 c
5	慣行区	94	12/2 a	1350 a	315 a	1179 a
6	堆肥区	14	12/11 b	661 cd	182 b	104 c
7	緑肥区	0	12/12	524 d	0	0
8	無処理区	0	12/12	440 d	0	0
		分散分析 ^v	**	**	*	**

^z 花蕾径が10cm以上を収穫物とした

^y 収穫日は区内の50%の株が収穫できた日とした

^x 収量 = 花蕾重 (kg) × 4000株 × 収穫株率 (%)

^w 同列異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^v **, *はそれぞれ1%, 5%水準で有意差あり、n.s.は有意差なしを示す

B 現地試験

- ・「No.1 減肥区（堆肥・緑肥あり）」は「No.4 農家慣行区」と比較して収量に有意差はなかった（表5）。一方で「No.2 減肥区（堆肥あり）」と「No.3 長崎県基準慣行区」を比較すると施肥窒素の差がNとして約10kg/10aあるが（表2）、収量に有意差はない結果だった。これは現地圃場が肥沃な土壤であるため（データ略）、地力窒素や可給態リン酸等の肥効が機能した結果だと思われる。

表5 現地試験ブロッコリー収量調査結果（令和元年度試験分）

No.	処理区	収穫株率 ^z (%)	収穫日 ^y (月/日)	全重 (g/株)	花蕾重 (g/株)	収量 ^x (kg/10a)
1	減肥区（堆肥・緑肥あり）	100	12/1 a ^w	1639 a	328 a	1314 a
2	減肥区（堆肥あり）	100	12/1 a	1603 a	305 a	1220 a
3	長崎県基準慣行区	100	12/1 a	1679 a	323 a	1292 a
4	農家慣行区	100	12/1 a	1576 a	308 a	1233 a
分散分析 ^v		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^z花蕾径が10 cm以上を収穫物とした

^y収穫日は区内の50%の株が収穫できた日とした

^x収量＝花蕾重（kg）×4000株×収穫株率（%）

^w同列異符号間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり

^v**、*はそれぞれ1%、5%水準で有意差あり、n.s.は有意差なしを示す

4) 成果活用における留意点

- ・センター内試験では長崎県農林業基準技術に基づき、土壤改良資材として牛ふん堆肥2 t/10aを施用しているが、牛ふん堆肥由来の窒素分を施肥窒素に考慮していないことに留意する。
- ・現地試験では牛ふん堆肥の代替に豚ふん堆肥約1 t/10aが施用されているが同様に施肥窒素に考慮していない。

5) 今後の課題

- ・本実行課題は緑肥と鶏ふん堆肥を併用した減肥技術であるため、鶏ふん堆肥以外の畜種堆肥等の適用の検証が課題である。
- ・現地試験の結果から土壤が肥沃な場合は本実行課題以上の減肥が可能であると思われるため、施肥前の可給態窒素等の土壤分析結果に基づく減肥の調節が課題に挙げられる。

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	107	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(7) 緑肥の利用による果菜・葉菜類の有機栽培技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	山梨県総合農業技術センター・環境部・五味敬子、高冷地 野菜花き振興センター・山崎修平		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

山梨県内で露地野菜生産を目指す新規就農者や法人などの多くが、有機栽培や減農薬・減化学肥料栽培などを指向する傾向が強くなっている。これら就農者の利用ほ場は、遊休農地や基盤整備ほ場など地力が低いほ場が多く、就農初期からの野菜の安定生産が難しい。

一方で、長期にわたり有機農業を行ってきた圃場の多くは、リン酸やカリ過剰となっている。これは作物に必要な窒素を有機質資材で投入する際、過剰なリン酸やカリが投入されてしまうためであるが、緑肥を用いることでリン酸やカリの投入なく有機物を還元できるとともに、堆肥と比較して少ない労力で地力向上が期待できる。

また、緑肥鋤込みから播種・定植までの期間が短いほど、緑肥含有窒素の利用効率の向上や溶脱量の削減が期待できるが、その期間が短いと作物への悪影響が懸念される。

そこで、鋤込みから播種までの期間の違いによる発芽へ影響について調査するとともに、緑肥連用による土壌理化学性、地力への影響について調査し、有機栽培における安定生産と持続的な農業生産技術を確立するために、効率的な緑肥利用法を体系化する。

2) 研究方法

1. 窒素、リン酸、カリの減肥試験

1) ヘアリーベッチ

(1) 試験場所：総合農業技術センター内ほ場、淡色黒ボク土、標高315m

高冷地野菜・花き振興センター内ほ場、淡色黒ボク土、標高747m

- (2) 試験区：減肥割合（0割、3割、5割、10割）
慣行施肥量：N-P₂O₅-K₂O=25-25-25
- (3) 緑肥の耕種概要
ヘアリーベッチ：播種10月中～下旬、無施肥、播種量5kg/10a、
すき込み3月下旬～4月下旬
スイートコーン：播種4月下旬～5月下旬、収穫7月～8月
- (4) 調査項目：緑肥：生重、乾物重、養分吸収量
スイートコーン：収量、植物体の養分吸収量、土壤化学性

2) クロタラリア

- (1) 試験場所：総合農業技術センター内ほ場、淡色黒ボク土、標高315m
- (2) 試験区：減肥割合（0割、3割、5割、10割）
慣行施肥量：N-P₂O₅-K₂O=23-28-23
- (3) 緑肥の耕種概要
クロタラリア：播種7月上～下旬、無施肥、播種量8kg/10a、
すき込み8月中旬～9月上旬
ハクサイ：播種8月下旬、収穫11月
- (4) 調査項目：緑肥：生重、乾物重、養分吸収量
ハクサイ：収量、植物体の養分吸収量、土壤化学性

2. すき込みから播種・定植までの最適期間の検討

1) ヘアリーベッチ

①ほ場試験

- (1) 試験場所：総合農業技術センター内ほ場、淡色黒ボク土、標高315m
高冷地野菜・花き振興センター内ほ場、淡色黒ボク土、標高747m
- (2) 試験区：すき込み後播種までの期間（2週間、3週間、4週間）
- (3) 緑肥の耕種概要
ヘアリーベッチ：播種10月中～下旬、無施肥、播種量5kg/10a、
すき込み3月下旬～4月下旬
スイートコーン：播種4月下旬～5月下旬、収穫7月～8月
- (4) 調査項目：緑肥：生重、乾物重、養分吸収量
スイートコーン：収量、植物体の養分吸収量、出芽率、土壤化学性

2) クロタラリア

- (1) 試験場所：総合農業技術センター内ほ場、淡色黒ボク土、標高315m
- (2) 試験区：すき込み後播種までの期間（3日、7日、14日、28日）
- (3) 耕種概要
クロタラリア：播種7月上～下旬、無施肥、播種量8kg/10a、
すき込み8月中旬～9月上旬
ハクサイ：播種8月下旬、収穫11月
- (4) 調査項目：緑肥：生重、乾物重、養分吸収量
ハクサイ：収量、植物体の養分吸収量、土壤化学性

②培養試験

- (1) 試験区：ヘアリーベッチ3t/10a相当量を土壌（褐色低地土）に混合し15×10cmのプラスチック容器に入れ、一定の培養温度（10, 20, 30℃）、一定期間（1, 2, 3週間）、定温恒温器で培養後、スイートコーンを10粒播種。対照として緑肥無区とすき込み後すぐに播種した区を設けた。出芽率は播種10日後に調査。

3. 緑肥のすき込みが養分溶脱量に及ぼす影響の検討

- (1) 試験場所：所内ライシメータ圃場（褐色低地土）
 (2) 試験区：緑肥あり（3～4月すき込み）区、化学肥料単用区
 有機肥料単用区
 (3) 試験規模：25m²/区、2反復
 (4) 耕種概要：供試緑肥ヘアリーベッチ「まめ助」播種11月上旬 播種量5kg/10a
 後作物 春作（スイートコーン）、秋作（スイートコーンまたは葉物）の年2作
 (5) 調査項目：溶脱水量、溶脱成分量（窒素、カリ、石灰、苦土、ナトリウム）

3) 研究結果

1. 窒素、リン酸、カリの減肥試験

1) ヘアリーベッチ

ヘアリーベッチすき込み時の養分含有量は、窒素で約20kg/10a、リン酸で約4kg/10a、カリで約20kg/10aである（表1）。

後作スイートコーンに施用する肥料は、窒素、リン酸、カリの三要素とも施肥基準量(N-P₂O₅-K₂O：25-20-25kg/10a) から5割減肥できる（図1）。

表1 ヘアリーベッチすき込み時における生重、乾物重、草丈および養分含有量

生重 t/10a	乾物重 kg/10a	草丈 cm	C/N	kg/10a		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3.4 ± 0.9	458 ± 118	36 ± 1.0	9.9 ± 0.3	19.7 ± 5.3	4.2 ± 1.4	20.3 ± 4.6

※2017年～2019年の3カ年平均（甲斐市）

※すき込み時期 2017年：3月27日、2018年4月2日、2019年3月27日

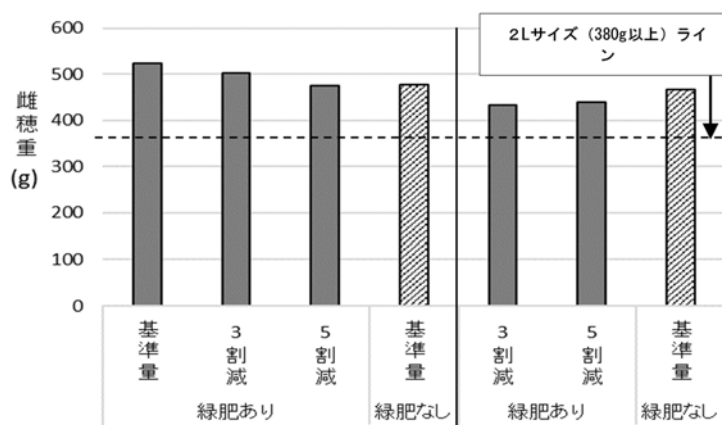


図1 施肥量の違いによるスイートコーンの雌穂重

2) クロタラリア

クロタラリアすき込み時の生重は約4.5 t/10aで、窒素投入量は約13kg/10a、カリ投入量は26~30kg/10a、リン酸投入量は約2.3kg/10aである（表2）。

後作ハクサイに施用する肥料は、窒素、リン酸、カリの三要素とも施肥基準量（N-P₂O₅-K₂O：23-28-23 kg/10a）から5割減肥できる（図2）。

表2 クロタラリアのすき込み時における生体重と養分吸収量

	生育日数	生重 t/10a	乾物重 kg/10a	C/N	kg/10a				
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
2017年	56日	4.1	527	18.5	12.5	2.5	26.2	2.6	7.6
2018年	57日	4.4	607	19.4	12.8	2.2	30.0	2.2	7.2

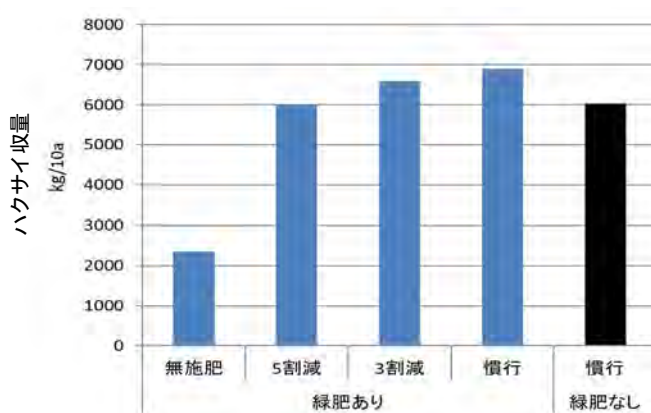


図2 クロタラリアすき込後の減肥によるハクサイの収量

2. すき込みから播種・定植までの最適期間の検討

1) ヘアリーベッチ

ヘアリーベッチすき込み後3週間以内にスイートコーン播種を行うと出芽率が低下するため、4週間以上期間をあける（図3、4）。

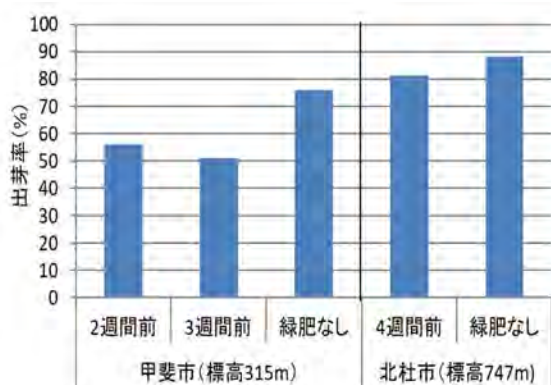


図3 ヘアリーベッチすき込後の播種までの期間の違いによるスイートコーンの出芽率への影響
(甲斐市、北杜市)

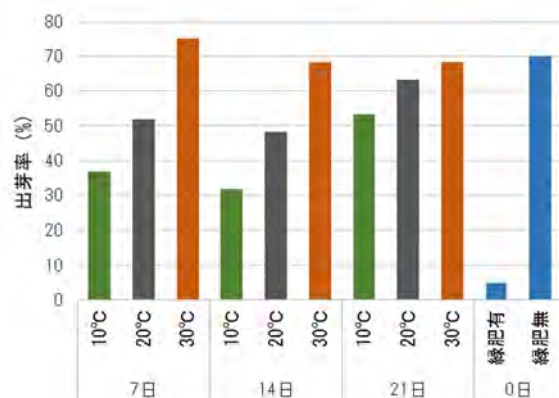


図4 ヘアリーベッチすき込後の培養温度・培養期間とスイートコーン出芽率との関係(培養試験)

2) クロタラリア

クロタラリアすき込み後ハクサイの定植は、すき込みの3日～28日の期間で行うとハクサイの活着率や初期生育には影響がなく、収量は慣行と同等以上となる。(図5、6)。



図5 緑肥すき込み後定植前日数によるハクサイの可販収量

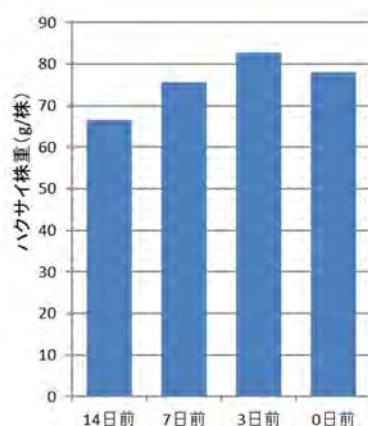


図6 緑肥すき込み後定植前日数によるハクサイの定植30日後の株重
※ 1/5000a フグネルポットでの試験

3. 緑肥のすき込みが養分溶脱量に及ぼす影響の検討

ヘアリーベッチを鋤込むことにより窒素の溶脱量は増加することが明らかとなったが、後作にスイートコーンを2作栽培することにより、慣行区とほぼ同等に抑制することができた(表3)。

表3 緑肥すき込み有無による窒素収支

試験区	投入量 (kg/10a)			収奪量 (kg/10a)				収支
	施肥	緑肥	合計	1作目 スイートコーン	2作目 スイートコーン	溶脱量	合計	
化学肥料区	50	—	50	16.6	15.1	18.7	50.4	-0.4
3月下旬区	31	7.9	38.9	15.4	15.6	19.8	50.8	-11.8
4月上旬区	31	14.8	45.8	16.4	15.6	18.8	50.9	-5.1
4月中旬区	31	16.7	47.7	16.3	15.9	19.1	51.2	-3.5
緑肥無区	50	—	50	16.3	15.4	18.4	50.1	-0.1

4) 成果活用における留意点

1. すき込みは、ハンマーモア等で細断した後、ロータリーで耕耘する。
2. ヘアリーベッチの品種は「まめ助」、施肥は無施肥、播種量は5kg/10aとした。
3. クロタラリアの品種は「ネマクリーン」(丸葉品種)、施肥は無施肥、播種量は8kg/10aとした。
4. クロタラリアはすき込み時期が遅れると、茎の繊維質がハンマーモア等からみ、すき込みが難しくなる。

5) 今後の課題 なし

<引用文献>

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	108	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(8) 春まきイネ科緑肥の導入による窒素溶脱低減とレタスの減肥技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	栃木県農業試験場・土壌環境研究室・ 関口雅史、中西陽子、宮崎成生、大塚勝		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

- (1) エンバクすき込みによるレタスでの減肥技術を開発する
- (2) エンバク導入による窒素溶脱低減技術を開発する
- (3) エンバクすき込みによる堆肥代替量を明らかとする

2) 研究方法

- (1) エンバクすき込みによるレタスでの減肥技術の開発

- (i) エンバクすき込み後の肥効量および肥効持続期間の解明

- (ア) 実施場所 栃木農試本場畑ほ場B(普通黒ボク土)、1区12m²、1区制3点採土

- (イ) 試験区の内容

区名	エンバク	化学肥料	マルチ	
緑肥区	○	×	×	エンバクは無施肥栽培 化学肥料は(N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=10.5:14:10.5 (kg/10a)) を基肥として施用 窒素は硫安、リン酸は過リン酸石灰、カリは塩化 カリを施用 マルチは穴あき白黒マルチを使用
緑肥+マルチ区	○	×	○	
緑肥+化肥+マルチ区	○	○	○	
化肥+マルチ区	×	○	○	
裸地区	×	×	×	

- (ウ) 調査内容 作土中土壌無機態窒素含量および交換性カリ含量を定期的に測定

- (エ) 耕種日程 2018年度実施 エンバク播種5/11、すき込み6/27、耕起7/11、施肥とマルチ設置7/25

- (ii) エンバクのC/N比と窒素無機化率の関係

- (ア) 実施場所 栃木農試本場畑ほ場A(普通黒ボク土)、1区12m²、1区制

- (イ) 調査内容 出穂前および出穂10日後のエンバクを採取し、生重1.5gと風乾土20gを混和し、水分量約60%、25℃でビン培養した場合の1～8週後の窒素無機化率

- (ウ) 耕種日程 2019年度実施 エンバク播種5/14、出穂前採取6/24、出穂10日後採取7/16

(iii) エンバクに対する施肥の必要性の検証

(ア) 実施場所 栃木農試本場畑ほ場A(普通黒ボク土)、B(普通黒ボク土)、1区3m²、3区制

(イ) 試験区の内容

前作(レタス)のあるほ場Aと長期無作付けほ場Bで以下の施肥内容の区を設けた

区名	kg/10a			エンバクの元肥として施用 窒素は硫酸、リン酸は過リン酸石灰、カリは塩化カリを使用
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
施肥あり	5	5	3	
施肥なし	0	0	0	

(ウ) 耕種日程 2018年度実施 施肥5/15、エンバク播種5/17、生育調査6/28

(iv) 場内減肥試験

(ア) 実施場所 農試本場畑ほ場A(普通黒ボク土)、1区3m² (3.3×1.8 m)、3区制

(イ) 試験区の内容

主作物(秋レタス)に対する処理

区名	秋レタスでの 施肥基準量に 対する施肥割合 (%)		施肥量 (kg/10a)		緑肥の すき込み
	N	K ₂ O	N	K ₂ O	
	施肥基準区	100	100	15	
3割減区	70	70	10.5	10.5	×
3割減緑肥区	70	70	10.5	10.5	○
NKなし区	0	0	0	0	×
(参考)施肥基準量			15	15	

現地慣行に合わせるため、秋レタスでは栽植密度8.2株/m²で全面マルチ栽培(本ほ場では2017年から秋レタス作でのみ全面マルチ栽培を導入)秋レタス作のP₂O₅は全区において施肥基準量を施用
化学肥料は硫酸、過リン酸石灰および塩化加里を使用
エンバクは無肥料栽培

(ウ) 調査内容 エンバクの収量および養分吸収量、秋レタス収量

(エ) 耕種日程 2019年度実施 エンバク播種5/14、すき込み6/25、耕起7/9、施肥耕起7/23、マルチ設置7/24、レタス定植8/27、レタス収穫10/8

(v) 現地減肥実証試験

(ア) 実施場所 栃木県現地レタスほ場(厚層黒ボク土)、60m²、1区制

(イ) 試験区の内容

実施年度	区名	秋レタスでの 施肥基準量に 対する施肥割合 (%)		施肥量 (kg/10a)		緑肥の すき込み
		N	K ₂ O	N	K ₂ O	
		2018	慣行区	70	70	
	減肥区	40	40	6	6	○
2019	慣行区	80	80	12	12	○
	減肥区	50	50	7.5	7.5	○

春レタスは両区とも農家慣行の栽培を実施
秋レタスのP₂O₅施肥量は両区とも農家慣行量
マルチについては、春レタスで4条千鳥植え(7.6株/m²)、秋レタスで全面マルチ(8.2株/m²)をそれぞれ設置
耕種日程は農家慣行に準じる
エンバクは無肥料栽培

(ウ) 調査内容 減肥栽培初年および2年目の秋レタス収量

(エ) 耕種日程 2017年 施肥12/14、定植12/15、
2018年 春レタス収穫3/16、エンバク播種5/5、エンバクすき込み7/10、施肥マルチ設置7/30、秋レタス定植8/31、秋レタス収穫10/15、施肥マルチ設置12/3、春レタス定植12/6、
2019年 春レタス収穫3/6、エンバク播種5/12、エンバクすき込み7/10、施肥マルチ設置7/30、秋レタス定植8/29、秋レタス収穫10/4

(vi) エンバクによる増収効果の検証

(ア) 実施場所 栃木県現地レタスほ場(厚層黒ボク土)、60m²、2区制

(イ) 試験区の内容 2013~2018年に現地ほ場へ以下の区を設けた

区名	作型
緑肥なし区	春レタス→(裸地)→秋レタス
緑肥栽培区	春レタス→エンバク→秋レタス

10aの場内で南東及び北西の角に約60m²の緑肥なし区を設け、それ以外を緑肥栽培区とした

- (ウ) 調査内容 春および秋レタスの収量、5年目における土壌硬度および透水性
 - (エ) 耕種日程 春レタス定植2月中旬、春レタス収穫4月上旬、エンバク播種5月中旬、エンバクすき込み7月中旬、秋レタス定植9月下旬、秋レタス収穫11月中旬ごろの作型
- (2) エンバク導入による窒素溶脱低減技術の開発

- (i) ライシメーターによる窒素溶脱量調査
- (ア) 実施場所 農試本場畑圃場B(普通黒ボク土)、10m²、2区制
- (イ) 試験区の内容

区名	春レタス栽培	エンバクすき込み	秋レタス栽培
緑肥栽培区	○	○	○
緑肥なし区	○	×	○
裸地区	×	×	×

春レタスは施肥基準に準じた施肥量(基肥N:P₂O₅:K₂O=15:20:15 kg/10a)で4条千鳥植えのマルチ栽培(7.6株/m²)
 秋レタスは施肥基準に準じた施肥量(基肥N:P₂O₅:K₂O=15:20:15 kg/10a)で全面マルチ栽培(8.2株/m²)
 化学肥料は硫酸、過リン酸石灰および塩化加里を使用
 エンバクは無施肥栽培

- (ウ) 調査内容 ライシメーター(地下約80cm)で採取した浸透水中NO₃-N濃度の推移
- (エ) 耕種日程 右表のとおり

日付	作業内容
2017年	9月11日 施肥 9月15日 マルチ設置、秋レタス定植 11月20日 秋レタス収穫 12月11日 マルチ除去
2018年	2月23日 堆肥施用、施肥、マルチ設置 2月26日 トンネル設置 3月12日 春レタス定植 4月27日 春レタス収穫、マルチ除去 5月11日 エンバク播種 6月27日 エンバクすき込み1回目 7月11日 エンバクすき込み2回目 7月24日 施肥、耕起、マルチ設置 8月20日 秋レタス定植 9月28日 秋レタス収穫 10月3日 マルチ除去
2019年	2月20日 堆肥施用、施肥、耕起 2月22日 マルチ設置 3月5日 春レタス定植、トンネル設置 5月1日 春レタス収穫 5月8日 マルチ除去 5月14日 エンバク播種 7月3日 エンバクすき込み1回目 7月18日 エンバクすき込み2回目 8月5日 施肥、耕起、マルチ設置 8月27日 秋レタス定植 10月9日 秋レタス収穫 11月1日 マルチ除去

(3) エンバクすき込みによる堆肥代替量の調査

- (i) 埋設試験によるエンバクすき込み後炭素および窒素残存量調査
- (ア) 実施場所 農試本場畑ほ場B(普通黒ボク土)、2m²に全サンプルを並べて埋設
- (イ) 試験区の内容 防根透水シートおよびガラス繊維ろ紙を用いて埋設用バッグを27点作成し、以下のとおりサンプルを封入して埋設する。

処理内容	封入物	埋設数
①エンバク	全炭素換算1g相当量の風乾したエンバク	+ 乾土20g相当量の風乾供試土壌
②基準堆肥	全炭素換算1g相当量の風乾した基準堆肥	
③供試土壌	-	9

供試土壌は埋設するほ場から採取した土壌を用いる
 エンバクは2015年に栽培して60℃通風乾燥・粉碎した試料
 基準堆肥は新潟県より提供された乳牛ふんモミガラ堆肥粉碎試料
 埋設場所は春秋レタス作に相当する時期に施肥(春N:P₂O₅:K₂O=15:20:15 kg/10a、秋N:P₂O₅:K₂O=10.5:20:10.5kg/10a)を行い、作物の作付はしない。耕起などの際には一時的にバッグを掘り取って、作業後に元に戻す

- (ウ) 調査内容 埋設から1、2、3年後の試料の炭素含量および窒素含量
- (エ) 耕種日程 右表のとおり

日付	作業内容
2016年	5月27日 バッグ埋設 9月21日 施肥、マルチ設置 12月6日 マルチ除去
2017年	3月10日 施肥、マルチ・トンネル設置 5月9日 マルチ・トンネル除去 5月29日 埋設1年後調査 7月31日 施肥、マルチ設置 11月7日 マルチ除去
2018年	2月26日 施肥、マルチ・トンネル設置 4月23日 マルチ・トンネル除去 5月27日 埋設2年後調査 8月10日 施肥、マルチ設置 11月7日 マルチ除去
2019年	3月1日 施肥、マルチ・トンネル設置 3月12日 マルチ・トンネル除去 5月27日 埋設3年後調査

3) 研究結果

(1) エンバクすき込みによるレタスでの減肥技術の開発

- (i) エンバクすき込み後の肥効量および肥効持続期間の解明

土壌中無機態窒素および交換性カリについて「化肥+マルチ区」、「緑肥+マルチ区」

それぞれの値から「裸地区」の値を引いた値を比較することで、マルチ設置を前提とした条件でエンバクすき込みの肥効が化学肥料何 kg/10aに相当するか（化学肥料代替量）を算出した（表1）。調査期間中の化学肥料代替量は平均で窒素6.5 kg/10a、カリで10.9 kg/10aとなり、秋レタスの栽培時期にあたるすき込み後9週～16週では窒素で6.3 kg/10a、10.5 kg/10aであった。これは本研究で減肥量の目標としている窒素4.5 kg/10a、カリ4.5 kg/10aをともに満たす値であり、減肥量の設定は妥当であると示された。

また、すき込み後16週の時点でも化肥および緑肥施用効果の値が確認でき、緑肥の化肥代替量も減肥目標を満たす値で確認されることから少なくともすき込み後16週まで肥効が持続しているものと考えられた。

表1 マルチ下での化肥および緑肥施用効果と緑肥の化肥代替量

		無機態窒素								
採土日		8月1日	8月8日	8月15日	8月22日	8月29日	9月5日	9月19日	10月3日	10月17日
すき込み後週数		5週	6週	7週	8週	9週	10週	12週	14週	16週
化肥施用効果	mgN/100g									
「化肥+マルチ区」	-「裸地区」	2.9	3.3	4.8	8.0	3.3	3.0	1.4	3.0	3.9
緑肥施用効果	mgN/100g									
「緑肥+マルチ区」	-「裸地区」	1.1	3.1	4.3	3.3	1.8	0.4	0.9	1.9	2.9
緑肥の化肥代替量	kgN/10a	4.1	9.8	9.3	4.3	5.8	1.4	7.0	6.6	7.9

		交換性カリ								
採土日		8月1日	8月8日	8月15日	8月22日	8月29日	9月5日	9月19日	10月3日	10月17日
すき込み後週数		5週	6週	7週	8週	9週	10週	12週	14週	16週
化肥施用効果	mgK ₂ O/100g									
「化肥+マルチ区」	-「裸地区」	5.7	9.4	16	22	13	11	9.5	9.5	8.9
緑肥施用効果	mgK ₂ O/100g									
「緑肥+マルチ区」	-「裸地区」	10	13	12	13	12	15	8.6	9.0	8.8
緑肥の化肥代替量	kgK ₂ O/10a	18	15	8.0	6.3	10	15	10	10	10

緑肥の化肥代替量 = 「緑肥施用効果」 / 「化肥施用効果」 * 10.5
 10.5は「化肥+マルチ区」での窒素およびカリ施肥量の値

(ii) エンバクのC/N比と窒素無機化率の関係

今回供試したエンバクのC/N比は出穂前のもので9、出穂10日後のもので30であった。

出穂前のエンバクについては土壌混和後4週で無機化率が約70%に達し、その後はおおむね横ばいとなった。一方で出穂10日後のエンバクでは4週後に約35%に達して以降、7週後の55%以外は35%前後で推移した(図1)。

すき込み後に4週間の腐熟期間を設けたとすると出穂前エンバクは11 kg/10aの窒素吸収量のうち約70% (7.7 kg/10a) が無機化し、出穂後10日エンバクは13kg/10aの窒素吸収量のうち約35%(4.6kg/10a)が無機化することになるため、エンバク由来窒素を後作物で利用したい場合には出穂前のすき込みが適すると考えられた。

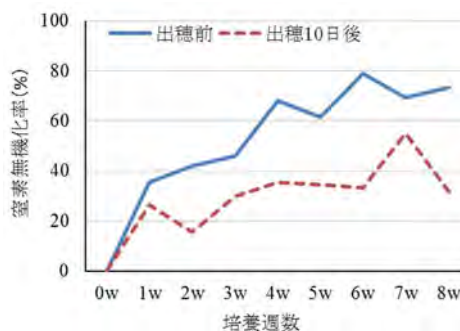


図1 土壌混和後エンバク窒素無機化率の推移

(iii) エンバクに対する施肥の必要性の検証

本試験におけるエンバクの収量および養分吸収量は表2、3のとおりであった。

表2 前作（レタス）ありほ場Aでのエンバク収量および養分吸収量

区名	生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (t/10a)	地上部 乾物収量 (kg/10a)	水分 (%)	炭素吸収量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	リン酸吸収量 (kgP ₂ O ₅ /10a)	カリ吸収量 (kgK ₂ O/10a)	C/N比
施肥あり区	出穂前	88	6.3	643	90	280	23	4.1	42	12
施肥なし区	(播種後40日)	86	5.9	604	90	268	19	3.9	39	14

表3 前作なしほ場Bでのエンバク収量および養分吸収量

区名	生育 ステージ	草丈 (cm)	地上部 生収量 (t/10a)	地上部 乾物収量 (kg/10a)	水分 (%)	炭素吸収量 (kg/10a)	窒素吸収量 (kg/10a)	リン酸吸収量 (kgP ₂ O ₅ /10a)	カリ吸収量 (kgK ₂ O/10a)	C/N比
施肥あり区	出穂前	73	2.5	310	88	143	8.2	1.5	16.8	17
施肥なし区	(播種後40日)	57	1.3	187	85	87	4.0	0.9	8.9	22

3) (1) (i) 「緑肥+マルチ区」において減肥目標（窒素、カリともに4.5 kg/10a減）をやや上回る肥効が確認できた際のエンバクは出穂直前の時点で養分吸収量が窒素約10 kg/10a、カリ約22 kg/10aであった。この値を基準として考えると前作のあるほ場では施肥の有無にかかわらず基準を超える値が得られたため、施肥の必要性は低いと考えられた。一方で前作のないほ場では施肥により養分吸収量はおよそ倍に増えるものの基準に達しない値となったため、前作のないほ場ではエンバクへの施肥の有無によらず減肥は避けるべきと考えられた。

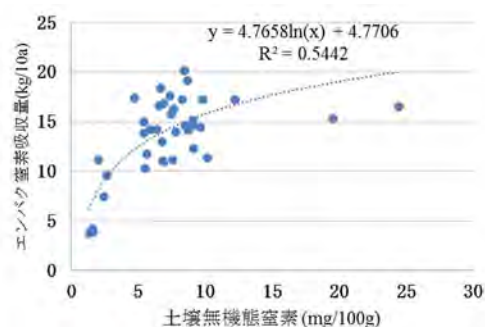


図2 土壤無機態窒素と出穂直前エンバクの窒素吸収量の関係

本研究で得られたエンバクの窒素吸収量と播種前の土壤無機態窒素量の関係を図2に示した。窒素について上記基準の通りエンバクが出穂直前時点で窒素吸収量約10 kg/10aを満たすためには播種前の土壤無機態窒素量が5 mg/100g以上であることが一つの目安であると確認された。

(iv) 場内減肥試験

秋レタスの収量調査結果は表4のとおりであった。全重の平均値については施肥基準区 = 3割減緑肥区 > 3割減区 > 無施肥区となり、検定の結果、3割減肥をすると有意に減収するが、エンバクをすき込めば3割減肥をしても施肥基準区と同等の収量が得られることが示された。

結球重については検定の結果、施肥基準区、3割減区、3割減緑肥区間に有意な差は認められなかったが、平均値は施肥基準区 > 3割減緑肥区 > 3割減区 > 無施肥区となった。結球重は外葉除去の加減により人為的なばらつきが発生するため、全重と比べ有意差が検出されづらいものと考えられた。

以上より、エンバクのすき込みにより秋レタスでの減肥（施肥基準量に対して窒素およびカリの3割減）は可能であると示された。ただし、2017年度に出穂から10日以上経過したエンバクのすき込みにより同量の減肥を実施した際には減収が確認されている。3) (1) (ii) の結果の通り、エンバクによる肥効を期待する場合には出穂前か出穂直後でC/N比がまだ低い時期にすき込むことが適当と考えられた。

表4 秋レタス収量 (場内)

区名	全重 (g)	結球重 (g)
施肥基準区	1046 ± 21 a	637 ± 16 a
3割減区	967 ± 13 b	592 ± 6 a
3割減緑肥区	1046 ± 21 a	615 ± 16 a
無施肥区	764 ± 14 c	467 ± 16 b

値は平均値±標準誤差

異符号間に有意差あり (Tukey, $\alpha=0.05$, $n=12$)

(v) 現地減肥実証試験

秋レタスの収量調査結果は表5のとおりであった。兩年度とも区間に有意な差は認められず、同程度の収量が得られたことから、現地慣行の施肥体系に対して秋レタスでの減肥 (施肥基準量に対して窒素およびカリの3割減) は可能であると考えられ、2年連続して同減肥を実施しても現地慣行と同程度の収量が維持できることが示された。

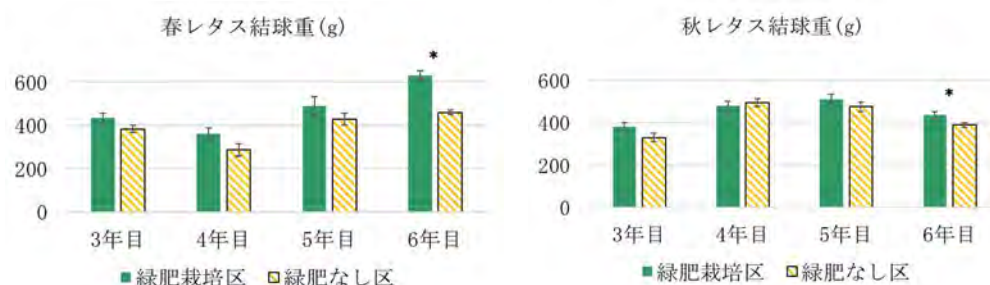
表5 秋レタス収量 (現地)

実施年度	区名	全重 (g)	結球重 (g)
2018 (減肥初年)	慣行区	647 ± 29	475 ± 18
	減肥区	651 ± 29	470 ± 20
2019 (減肥2年目)	慣行区	819 ± 20	526 ± 13
	減肥区	813 ± 21	559 ± 15

値は平均値±標準誤差

(vi) エンバク連用による増収効果の検証

プロジェクト内にて取り組んだ2015年(連用3年目)～2018年(連用6年目)のレタス結球重は図3のとおりであった。春、秋ともに毎年両区の結球重は同等か緑肥栽培区がやや大きい傾向を示し、連用6年目において緑肥栽培区が有意に大きな値となった。2017年(連用5年目)の調査ではエンバクの連用により耕盤層の土壌硬度が有意に低下していることやほ場透水性が向上している傾向が確認されており、図3においてエンバクによる肥効が期待できる秋レタスだけでなく、春レタスでも有意な増収が見られた要因はこうした緑肥のトータル的な効果ではないかと考察された。



* t検定、 $\alpha=0.05$ 、 $n=12$ にて有意差あり

図3 エンバク連用ほ場でのレタス結球重

(2) エンバク導入による窒素溶脱低減技術の開発

(i) ライシメーターによる窒素溶脱量調査

2018年4月5日～2019年12月4日までの窒素溶脱量の累計は図4のとおり。レタス栽培3年目にあたる2019年からの溶脱量が多く、10aあたり期間中合計溶脱量は緑肥栽培区で約10

kg、緑肥なし区で約22 kg、裸地区で約8 kgとなった。緑肥栽培区、緑肥なし区それぞれから裸地区の値を引いた値を比較すると、エンバクの作付けによる窒素溶脱低減効果量はレタス栽培に由来する溶脱窒素の約8割に相当すると算出された。2017年秋レタス作から2019年秋レタス作終了までの施肥窒素と収穫物持ち出しによる窒素の収支は緑肥栽培区で+99 kg/10a、緑肥なし区で+96 kg/10aとほぼ同等であったが溶脱量に大きな差が見られたことからエンバクの作付けは有効な窒素溶脱抑制技術であると示された。



図4 累計窒素溶脱量

(3) エンバクすき込みによる堆肥代替量の調査

(i) 埋設試験によるエンバクすき込み後炭素および窒素残存量調査

埋設試料の分析による炭素残存率および窒素残存率は表7のとおりであった。同炭素量をほ場へ投入した場合と比較すると、エンバクは1～3年後の期間を通して牛ふんモミガラ堆肥の約半分に相当する炭素貯留量であると示された。

表7 埋設試料の成分残存率推移

試料名	炭素残存率 (%)			炭素貯留量 (mg/g)			窒素残存率 (%)		
	1年後	2年後	3年後	1年後	2年後	3年後	1年後	2年後	3年後
エンバク	21	16	18	82	67	75	27	27	25
標準堆肥	50	42	40	179	150	143	79	70	66

4) 成果活用における留意点

ほ場条件等の環境要因によりエンバクの生育や分解後の養分動態が異なる点に留意する

5) 今後の課題

秋播きによるエンバク利用技術の検討

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	109	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(9) 緑肥作物の肥効を活かした露地野菜減肥栽培技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	長野県野菜花き試験場環境部 鮎澤純子、矢口直輝、齋藤龍司		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

長野県のレタスを中心とした露地野菜は、圃場の利用度が高く、野菜栽培を休止して緑肥作物を栽培することは難しい。このため、緑肥作物を導入した短期輪作体系と緑肥の肥効を活かした後作レタスの減肥栽培の確立が求められている。

そこで本研究では、レタスの短期輪作体系に適したライムギやソルガムを導入し、作期や品種、すき込み時期の違いによる緑肥の肥効を解明することにより、露地野菜栽培における減肥栽培技術を開発し、生産コスト低減が可能なものとする。

2) 研究方法

(1) ライムギ

- ・適正播種期とすき込み時期がライムギの草丈・窒素吸収量に及ぼす影響
- ・すき込んだライムギの窒素無機化率の解明
- ・草丈伸長速度の品種間差を利用した越冬ライムギ鋤込み時期の拡大
- ・越冬ライムギすき込み後のレタス窒素・カリ減肥栽培の開発
- ・ライムギのすき込みがレタスほ場の土壌理化学性に及ぼす影響

(2) ソルガム

- ・夏まきソルガムを導入したレタスの短期輪作体系の構築
- ・すき込み適期をC/N比20を指標とした品種別生育と窒素吸収量
- ・すき込んだソルガムの窒素無機化特性
- ・ソルガムすき込み後のレタス窒素・カリ減肥栽培の開発
- ・ソルガムのすき込みがレタスほ場の土壌理化学性に及ぼす影響

3) 研究結果

(1) ライムギ

- 1) 越冬ライムギが春季に草丈30cm前後になるとライムギ中の窒素成分量は概ね10kg/10a以上確保される(図1、2)。越冬ライムギを草丈30cm前後ですき込み窒素肥効を活用することにより、後作レタスの窒素施用量を30~50%程度(図3)、カリを50%程度削減できる(カリ飽和度3%) (図4)。この時期のライムギは出穂期に鋤込んだ場合と同程度まで窒素・カリを吸収しており、C/Nも低く分解し易い(表1)。
- 2) ライムギが草丈30cm前後になった時の窒素吸収量は10~20kg/10aであり、取り込まれた窒素はライムギすき込み1カ月までに50%、2カ月後までに70%程度無機化する。
- 3) すき込み適期となる草丈30cmに到達する時期は3週間程度の品種間差があることを明らかとし、すき込み時期に幅を持たせ労力の分散が可能となる(表2)。
- 4) 草丈30cm前後の分解性に優れたライムギのすき込みは、全面マルチ作業時に影響を与えない(表3)。腐熟期間としてすき込みから全面マルチ作業までの期間は20日程度、レタス定植までの期間はさらに10日程度あけることが望ましい。
- 5) ライムギすき込み後のレタス下層土の三相分布は気相率が向上し仮比重が低下した(表4)。

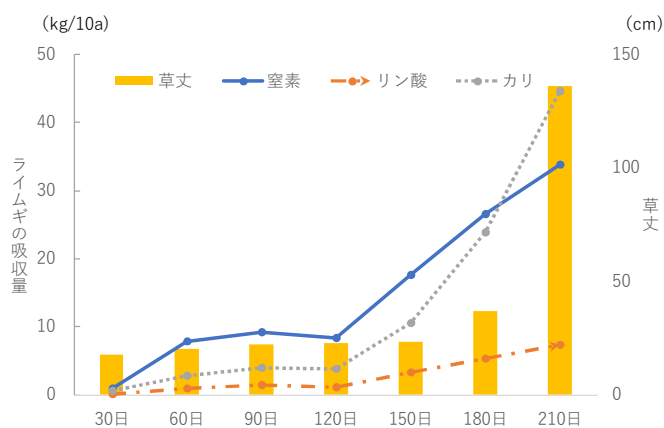


図1 ライムギの経時的な生育と養分吸収量

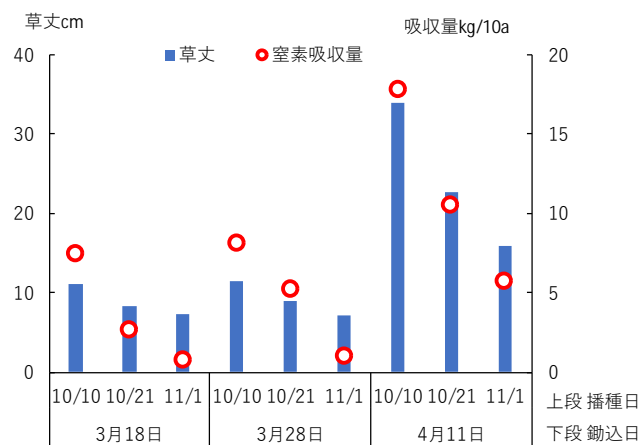


図2 ライムギの播種時期・すき込み時期と草丈・窒素吸収量の関係(場内試験)

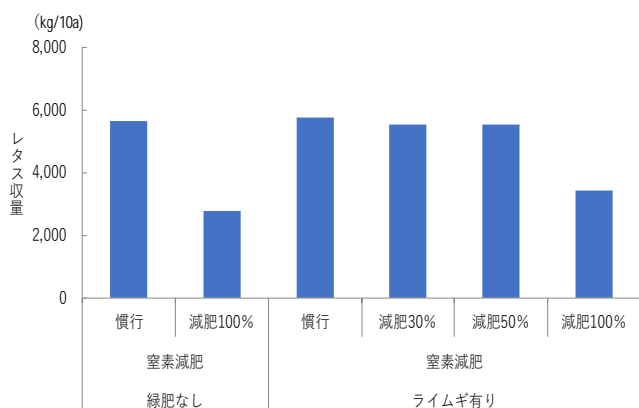


図3 ライムギ導入と窒素減肥がレタス収量に及ぼす影響

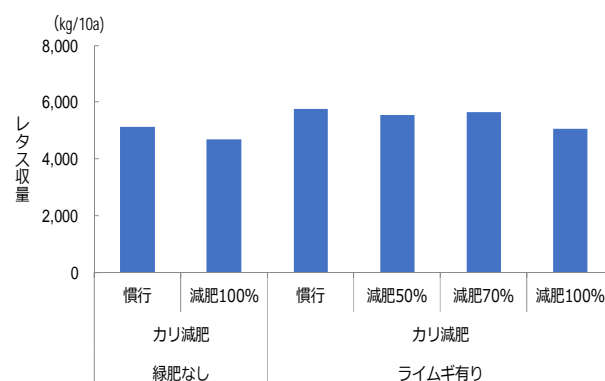


図4 ライムギ導入とカリ減肥がレタス収量に及ぼす影響

表1 ライムギの時期別養分含有率と養分吸収量

時期	含有率 (乾物%)			吸収量 (kg/10a)			C/N
	窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	
草丈30cm経過時	2.49	0.87	3.52	22.8	8.1	32.9	16.9
出穂期	1.39	0.60	3.47	23.0	9.8	57.0	29.2

14品種平均値 試験場所：野菜花き試験場(標高750m)、表層多腐植質黒ボク土

表2 草丈30cm経過時と出穂期のライムギの生育期の比較

	最も早い品種		最も遅い品種		到達日の差
草丈30cm到達日	ダッシュ	3月27日	改良ライコーン	4月21日	25日間
	クリーン	3月27日	ライコッコⅢ	4月21日	
出穂日	ダッシュ	4月24日	ライダックス	5月14日	20日間

14品種の比較 耕種概要は表1と同じ

表3 ライムギのすき込み条件とマルチがけ時の作業性

鋤込み時			鋤込み～施肥マルチ		マルチ作業時	
トラクター馬力	耕深	鋤込み時の耕起回数 ¹⁾	総耕うん回数	所要日数	畝の崩れ	マルチの破れ
30PS	約20cm	2回	2～3回	約20日	無	無

1) トラクター：主1速・副2速、PT0：1回目1速・2回目2速、正転で耕起

播種日：10月26日、すき込み日：4月8日

10kg/10a散播

表4 緑肥のすき込みが土壤三相に及ぼす影響(15～20cm深)

	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	仮比重 (g/ml)
ライムギ	34.8	30.8	34.3	0.79
緑肥なし	37.3	31.1	31.6	0.83

試験場所：現地ほ場、各区3反復

(2) ソルガム

1) レタス連作ほ場において、夏まきソルガムを播種後5～6週にすき込むことにより、約2カ月半の短期輪作体系が構築できる。現地のすき込み適期の指標として草丈150～170cmが利用できる(図5)。この時期のソルガムは、小型のトラクター(30馬力)で容易にすき込みが可能である。すき込まれたソルガムはC/N比が20前後で分解性に優れており、1カ月で約50%程度の窒素が無機化する(図6)。

2) 播種後5～6週前後のソルガムは窒素吸収量がレタス標準施肥量である10kg/10a以上を確実に確保でき、ソルガムをすき込んだ後作レタス栽培では、基肥窒素を50%まで、さらにカリを100% (カリ飽和度3.8<5%のほ場) まで減肥可能となる(図7, 8)。

3) 草丈150cm前後のソルガムをすき込むことにより下層の気相率は高まり、仮比重が低下して土壤の膨軟化が確認できる(表5)。さらに、ソルガムの連作ほ場では耕盤層が低下して後作レタスの有効土層が拡大する(図9, 10)。

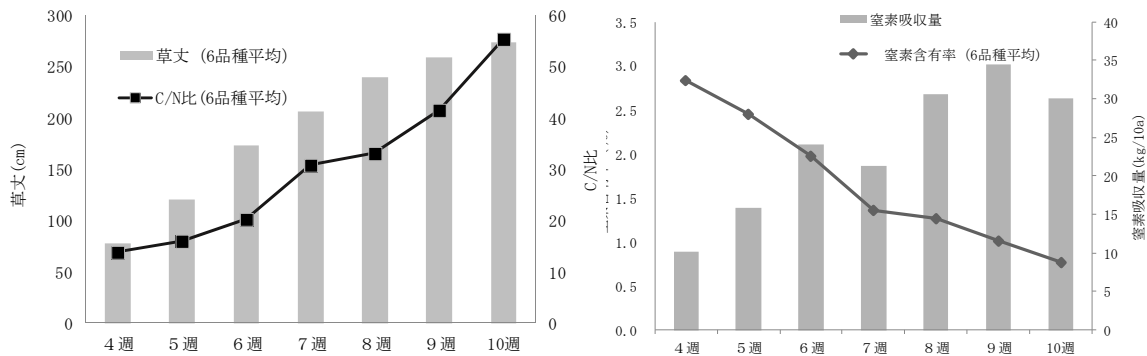


図5 ソルガムの草丈とC/N比、窒素吸収量の経時的推移
(場内試験, 表層多腐植質黒ボク土) 播種日;平成28年6月3日,5kg/10a散播

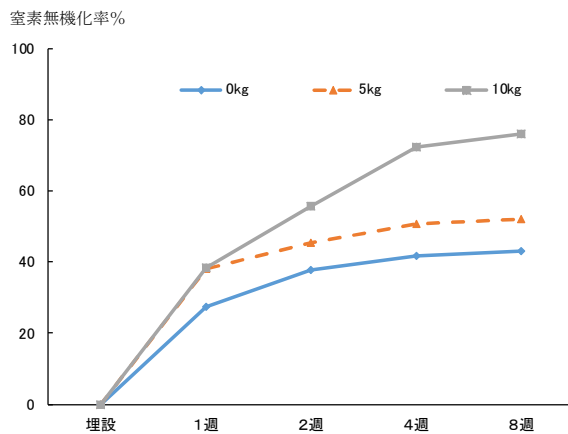


図6 窒素施用量が異なるソルガムのすき込み後の窒素の無機化率
(施用量ごとのC/N比は26.3(0kgN)、27.9 (5kgN)、29.8 (N無施肥))

試験場内ほ場 (表層多腐植質黒ボク土,標高750m)
播種:H30.6/7 埋設日;7/18

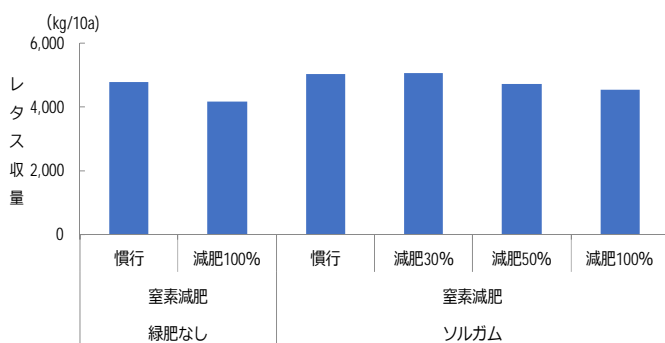


図7 ソルガム導入と窒素減肥がレタス収量に及ぼす影響(場内試験)

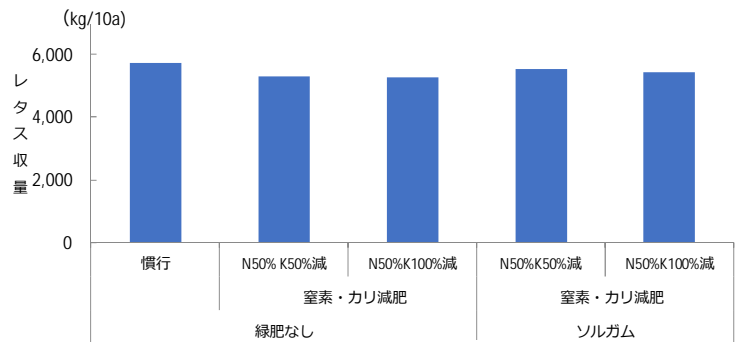


図8 ソルガム導入と窒素・カリ減肥がレタス収量に及ぼす影響(場内試験)

表5 ソルガムのすき込みが下層土の土壤三相に及ぼす影響

区	深さ (cm)	土壤三相 (%)			孔隙率	仮比重 (g/mL)
		固相	液相	気相		
緑肥なし	30-45	40	49	12	60	0.89
ソルガム		26	53	21	74	0.64
緑肥なし	45-60	39	51	11	61	0.78
ソルガム		31	51	17	69	0.74

調査はレタス栽培終了後9/20に実施、各区2反復の平均値
調査場所: 現地ほ場 塩尻市宗賀(標高750m、表層多腐植質黒ボク土 供試品種「元気ソルゴー」)

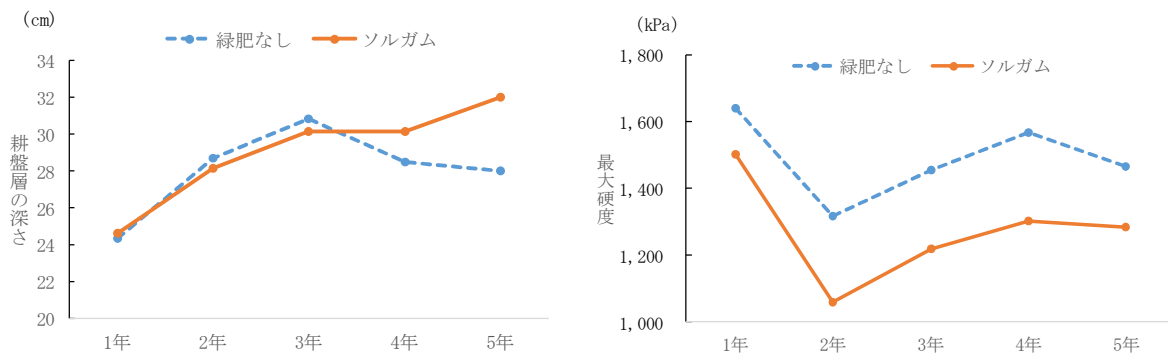


図9 ソルガム連作が土壌の耕盤層の深さと最大硬度に及ぼす影響（現地ほ場）

根の分布 深さ (cm)	慣行 (ソルガムを作付けせずにレタスだけを栽培した区)					ソルガム導入区 (ソルガムを作付けすき込み後にレタスを栽培した区)					0~10 11~20 21~30 30以上 50以上 (本) 色が濃いほど根量が多い
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
	0-10cm										
10-20cm	20	22	23	17	12	21			21	18	
20-30cm	17	13	14	7	9	12				20	
30-40cm	8	10	10	11	11	16	28	18	22	13	
40-50cm	22	10	6	9	20	18	27	18	23	15	

図10 レタス収穫後のレタスの根の分布（現地ほ場）

調査日：平成30年10月5日 レタス定植位置は図C

4) 成果活用における留意点

- (1) 寒地ではライムギ・ソルガムの生育量を十分確保できない場合があるため本技術は標高 900m以下のレタス栽培地域を対象とする。
- (2) ライムギ・ソルガムの草丈が伸び出穂期に近づくときき込み量が増しC/N比が高まる。このようなライムギ・ソルガムをすき込むと全面マルチの作業性が低下するとともに後作レタス栽培で窒素飢餓の恐れがある。
- (3) 本試験は、野菜栽培跡地の残存窒素を利用する体系を想定している。遊休荒廃地や肥沃土の低いほ場においてライムギ・ソルガムが十分な生育量を確保するためには、窒素成分で5 kg/10 a以上が必要である。

5) 今後の課題

標高1000m地帯（高冷地）における導入や、水田転換畑における排水性対策への活用

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	110	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	1 生産コストの削減に向けた緑肥の導入技術の開発		
実行課題名	(10) 夏まき緑肥作物の利用による窒素溶脱低減と野菜の減肥技術		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構中央農研・土壌生物グループ・唐澤敏彦		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	愛知県農業総合試験場・東三河農業研究所 森下俊哉、山本拓、土井美佑季、中村哉志 企画普及部 大橋祥範		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

緑肥作物は夏季の雑草対策や連作障害回避の目的から現地での導入が進みつつある。これら緑肥作物は土壌にすき込むことで肥料としての利用が期待されるが、畑地における肥効は十分に解明されておらず、減肥に結びついている事例はほとんどない。そこで、環境への負荷が小さい緑肥作物の肥料成分の動態を明らかにし、養分供給能を解明する。

2) 研究方法

(1) クロタラリアを利用した窒素削減技術

クロタラリアの窒素無機化特性を、室内培養試験及びすき込み後の土壌中 $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化を測定することで明らかにした。また、クロタラリアすき込みから後作キャベツ定植までの期間に応じて窒素施肥量削減量を変えた試験を行い、キャベツ作付けまでの期間に応じた適切な窒素削減量を明らかとした。

(2) ソルガムを利用した窒素、カリ削減技術

ソルガムの窒素無機化特性を、室内培養試験により明らかにするとともに、窒素施肥量を削減した試験を行い、窒素施肥量削減の可能性を検討した。

愛知県内21ほ場で栽培されたソルガムの収量、草高及びカリウム吸収量を測定することで、カリウム吸収量を推定する方法を検討した。また、ソルガムすき込み後の土壌中 K_2O の変化、カリ減肥試験ほ場の土壌中 K_2O の推移を測定した。

3) 研究結果

(1) クロタラリアを利用した窒素削減技術

クロタラリアすき込み後、土壌中 $\text{NO}_3\text{-N}$ は急激に上昇し、2週間後には緑肥なし区より5.4mg/100a多くなった。すき込み4週間後には0.2mg/100g多いところまで減少したものの、

その後冬季まで0.4mg/100g程度多い状態が継続した（図1）。

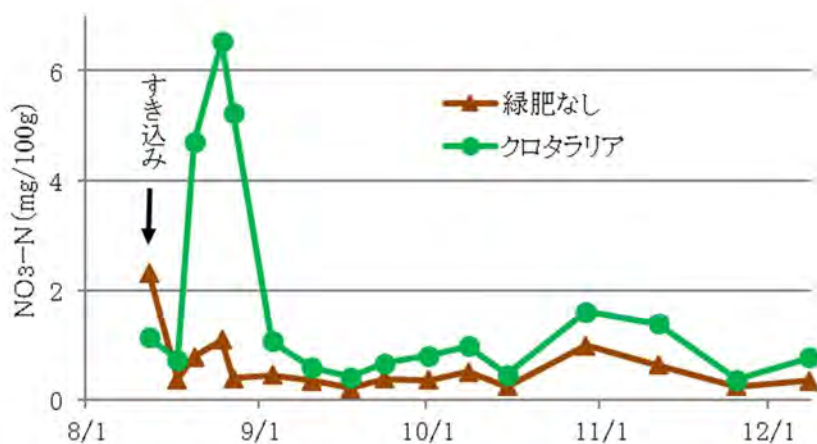


図1 クロタラリアすき込み後の土壤中NO₃-N含量の推移

クロタラリアすき込み後のキャベツ窒素減肥試験において、7日後定植9kgN/10a減肥区及び14日後定植6kg/10a減肥区は緑肥なし区と同等の収量であったが、28日後定植3kg/10a減肥区は緑肥なし区の83%の収量にとどまった（図2）。

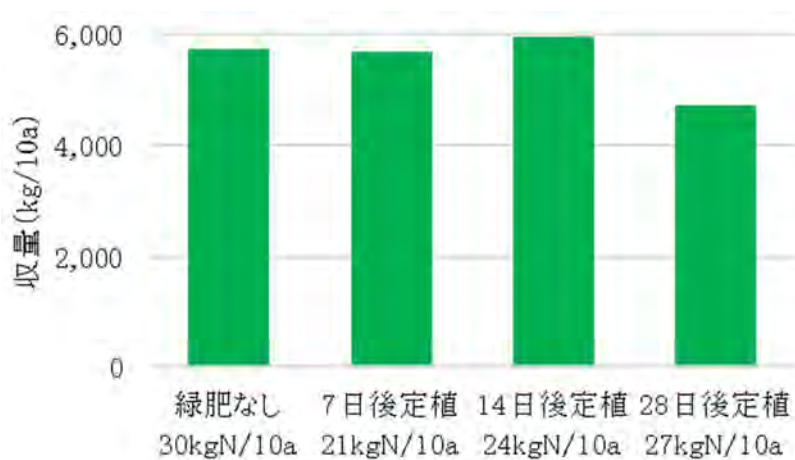


図2 クロタラリアすき込み後の減肥試験におけるキャベツ収量

(2) ソルガムを利用した窒素、カリ削減技術

30°C培養では分解の進行が早かったものの、16週間後によりやくNO₃-Nの若干の放出に至ったのみであり、後作キャベツでの窒素減肥の可能性は低いと思われた（図3）。

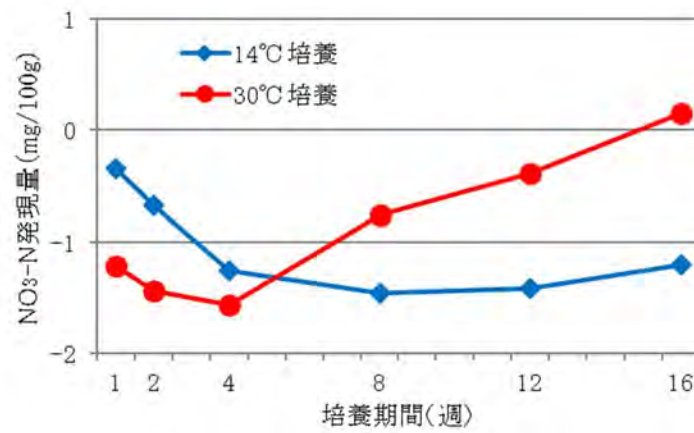


図3 ソルガム培養試験におけるNO₃-N発現量の推移

ソルガムの収量とカリウム吸収量に高い相関が認められ、5,000kg/10a以上の収量があれば、K₂O換算で34kg/10a以上を吸収していた（図4）。

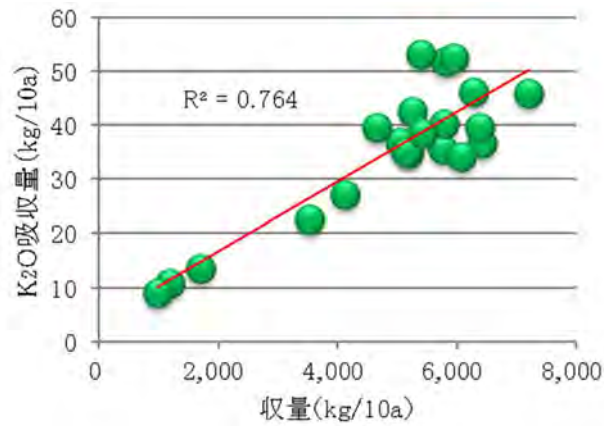


図4 ソルガムの収量とK₂O吸収量

ソルガムすき込み時の土壤中K₂O含量は、緑肥なし区より17mg/100g低かったが、その後急激に上昇し、すき込み3週間後には33mg/100g高くなり、その後は10mg/100g程度高い状態が継続した（図5）。

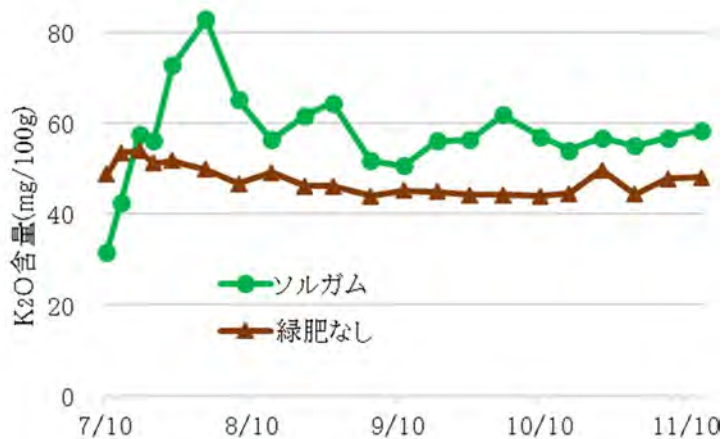


図5 ソルガム栽培ほ場の土壤中K₂O含量の推移

ソルガム栽培中に土壌中K₂O含量が減少するものの、キャベツ定植時には緑肥なし区より高くなった。キャベツ収穫時には、ソルガム・慣行施肥区は緑肥なし区より高く、カリ施肥量を30kg/10aから10kg/10aに削減した減肥区は同等となった（図6）。

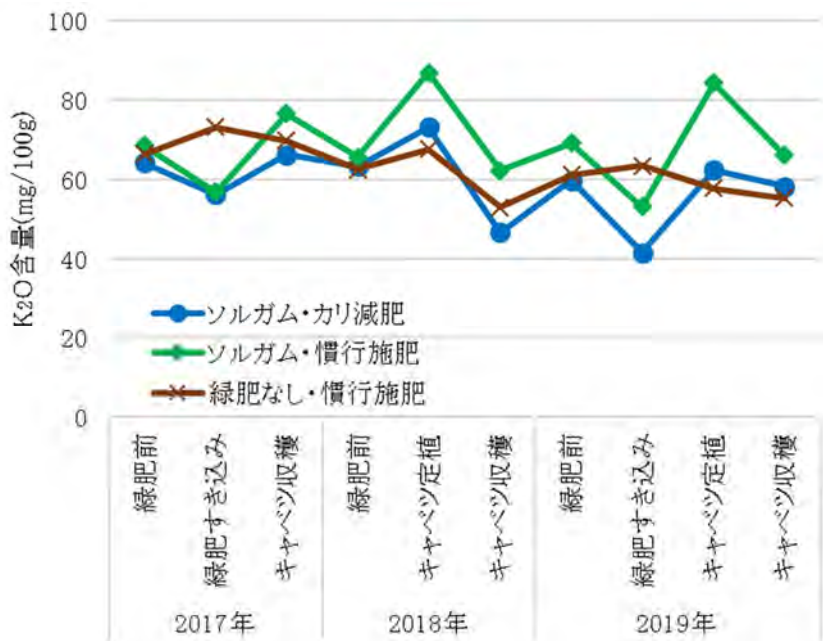


図6 カリ減肥試験ほ場の土壌中K₂O含量の推移

4) 成果活用における留意点

クロタラリアはフザリウム菌による立ち枯れ症状が発生することがあり、一度発生すると年々増加する傾向になる。このため、立ち枯れ症状が発生したら他の草種を検討すべきである。また、すき込み1週間後に後作を作付ければ、9~10kg/10a程度の窒素減肥が可能であるが、立ち枯れ等のトラブル回避のため、2週間は間隔を開け、窒素削減量も6~7kg/10a程度にとどめておく必要がある。

ソルガムは地力が低いほ場では十分な生育を確保できないことが多い。そのようなほ場でカリ減肥を目指す場合、ソルガム生育初期に窒素施肥をして十分な生育量を確保すべきである。

5) 今後の課題

ほ場の透水性等の物理性改善を主目的とした、緑肥の利用方法の検討。

<引用文献>

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	201	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(1) 焼酎蒸留廃液を副原料とする新規鶏ふん肥料の施用技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・ 研究者名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・ 研究者名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介、 斎藤晶		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

鶏ふんは潜在的に有機質の肥料としての価値が高いものの、一部で未熟で質の悪い製品が流通している実態にある。一方、焼酎蒸留廃液はメタン発酵、飼料化、土壌還元により処分されているが、高濃度のBODを含み腐敗しやすいため処理コストが高い。いずれの資材も圃場に施用する際に環境への負荷を与えないような肥料化が強く求められている。これに対して、鶏ふんに焼酎蒸留廃液を連続的に散布しながら堆肥化を行うことで良質で腐植酸含量の高い鶏ふん肥料（以下、開発肥料）を製造することができる（特開：2018-030777）。本研究ではこれを輸送性と機械散布性を向上するため造粒した肥料（加工家禽ふん肥料）とし、その特性を生かした利用法を検証し、開発肥料を用いた露地野菜の化学肥料の減肥技術（りん酸、加里で50～100%の減肥）を確立する。

2) 研究方法

① 開発肥料の特性評価

開発肥料（造粒前）の窒素肥効を評価するために、コマツナのポット栽培試験（品種「楽天」、1/5000aポット）を行なった。すなわち、黒ボク土に表示の窒素含量を元に300 mgNないし600 mgNとなるよう肥料を混和しポットに充填した。比較として、M有機（鶏糞堆肥ペレット）、また、対照として硫酸を0、150、300 mgを施用したポットを準備し同様に栽培を行なった。

開発肥料の機能性評価のため、窒素無機化パターンを反応速度論的手法により解析した。CECをHarada and Inoko (1980) により、腐植酸含量をLamar et al. (2014)を準用し、ガラス繊維濾紙埋設試験により有機質資材の残存率を測定した。

また、堆肥化工程を終了した開発肥料（造粒前）を毎月末にサンプリングし、成分変動を調査した。さらに、開発肥料の攪拌造粒による試験を、三重県鈴鹿市の施設にある小型機により行い、造粒開始水分条件の違いが、粒径組成に及ぼす影響を調べた。

② 開発肥料を用いた露地野菜栽培の実証

熊本県合志市において、開発肥料を用いたキャベツ「中早生1788」の栽培試験（試験A）を行った。慣行区（化成＋苦土石灰＋牛ふん堆肥）、開発肥料化成区（化成＋開発肥料）、開発肥料硫安区（硫安＋開発肥料）区と無肥料区を設定した。前者3区では有効な窒素の肥効が基肥、追肥合わせて19kg/10aになるよう設定した。

2015年11月中旬に定植を行い、追肥を12月上旬と翌2月中旬に行った。収穫は4月下旬に行った。

③ 開発肥料を用いたブロッコリー＝カンショ栽培体系の確立

鹿児島県志布志市において、ブロッコリー＝カンショ作の体系で開発肥料を用いた化学肥料の減肥について2作1回施肥にて検討した。ブロッコリーでは①慣行区（化成＋牛ふん堆肥）、②開発肥料＋化成区、③開発肥料＋硫安区を設定した。各区とも基肥の化学肥料窒素施肥量を14kg/10aになるよう設定した。またカンショについては、ブロッコリーの各処理区について⑦施肥区と⑧無施肥区を設けた。（表1）。ブロッコリー定植は2017年10月下旬に行い、翌3月に収量調査を行った。カンショ挿苗は4月下旬に行い、収穫は8月下旬に行った。

表 1 ブロッコリーの施肥設計

(成分% N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	資材量	(kg/10a)			化学肥料 合計	肥料代 (円/10a)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
ブロッコリー施肥						
①慣行区						
牛ふん堆肥 (0.95-1.52-1.82)	2000	19*	30.4*	36.4*	} 62.8	9,400
化成肥料 (14-14-14)	100	14	14	14		7,500
追肥11月上旬：化成 (18-0-16)	30.6	5.5		4.9		2,479
追肥2月上旬：化成 (18-0-16)	30.6	5.5		4.9		2,479
						小計 21,858
②開発肥料＋硫安区						
開発肥料 (3.7-8.9-7.8)	240	8.9*	21.4*	18.7*	} 24.4	14,400
硫安(21-0-0)	67.3	14				3,617
追肥2月上旬：化成 (18-0-16)	30.6	5.5		4.9		2,479
						小計 20,496
③開発肥料＋化成区						
開発肥料 (3.7-8.9-7.8)	240	8.9*	21.4*	18.7*	} 52.4	14,400
化成肥料 (14-14-14)	100	14	14	14		7,500
追肥2月上旬：化成 (18-0-16)	30.6	5.5		4.9		2,479
						小計 24,379
カンショ施肥						
施肥区						
化成肥料 (8-12-20)	40	3.2	4.8	8.0	16.0	4,276
無施肥区						
カンショ作への施肥省略	0				0.0	0

*袋に表示の主要な成分の含有量からの計算値

3) 研究結果

① 開発肥料の特性評価

コマツナの栽培試験では、窒素無施肥と比べて、開発肥料を用いても生育量と作物体窒素濃度の増加は小さく、見かけの窒素利用率は、硫安の58～71%、M有機（鶏ふん堆肥ペレット）の12～15%に対して2～5%と極めて小さかった。（表2、3）

表 2 ポット試験に用いた肥料（堆肥）の一般化学性

資材	表示成分 (N-P2O5-K2O%)	実測 N%現物	水分%	N gkg ⁻¹	P2O5 gkg ⁻¹	K2O gkg ⁻¹	C/N比
開発肥料造粒前	2.68-2.85-2.46	3.20	27.4	44.1	80.6	68.4	7.81
M有機	3.08-4.24-3.34	3.05	17.1	36.8	50.6	39.9	9.3

表 3 ポット栽培試験の結果

処理	実際のN 施用量mg	生重 g	葉数	全長 cm	葉長 cm	葉巾 cm	葉色 SPAD	茎葉N濃度 %	吸収量 mgN/pot	見かけの N利用率%
NO	0	43.4	6.67	24.0	11.8	8.6	40.2	4.7	147.9	
硫安150	150	58.3	7.09	27.3	13.3	9.6	45.1	5.9	254.1	71.2
硫安300	300	62.7	7.68	25.8	13.3	9.4	43.1	6.8	322.8	58.3
開発300	493	46.8	6.84	24.7	11.7	8.6	41.3	4.8	158.9	2.2
開発600	987	48.5	7.28	23.9	12.1	9.1	41.0	5.1	201.6	5.4
M有機300	297	52.8	7.14	26.0	13.0	9.1	40.6	4.9	192.7	15.1
M有機600	595	56.0	7.29	26.1	12.9	9.7	43.3	5.1	218.6	11.9

化学肥料窒素を施用したポットについてはりん酸、加里を各々ポット当たり300 mg施用した。

堆肥を施用したポットにはりん酸、加里を施用していないが、堆肥中の成分から供給される量はいずれも300 mgを超えていた。

見かけのN利用率は施肥区のN吸収量から無窒素区(NO)の吸収量を差し引いて、実際のN施用量で除して求めた。

開発肥料の窒素無機化パターンは、粉体では単純型モデルに、造粒された開発肥料では単純並行型モデルに適合した（表4）。潜在的な窒素無機化率（C、N₀₁、N₀₂の和でt=∞でのN）は各々、16.2、20.0%と小さく、コマツナ栽培試験の結果と符合した。なお、古江ら（2001）のレビューにおいて鶏糞堆肥の潜在的な窒素無機化率は29.9～65.0%と報告されており、本肥料の窒素無機化率が比較的小さいことが確認された。

表 4 開発肥料の窒素無機化パラメータ

$N = N_{01}(1 - \exp(-k_1 t)) + N_{02}(1 - \exp(-k_2 t))$ の式にフィットさせた。

形態	分析値				無機化パラメータ					
	T-N ¹	T-C ¹	C/N	C ¹	N ₀₁ ¹	k ₁ ²	Ea ₁ ³	N ₀₂ ¹	k ₂ ²	Ea ₂ ³
粉体	4.41	32.02	7.27	4.98	11.17	0.00869	9,209	-	-	-
造粒	4.46	32.02	7.18	1.71	2.30	0.29642	13,807	15.98	0.00454	9,087

単位 ¹%, ²/day, ³ cal/mol

開発肥料の腐植酸含量は供試した牛ふん堆肥と比べて大きく、CECも同等以上であった（表5）。

表 5 供試肥料（堆肥）のCECと腐植酸含量

資材名	CEC, cmolckg ⁻¹			腐植酸, gkg ⁻¹		
	AI	DM	OM	AI	DM	OM
開発肥料(造粒前)	61.6	79.5	117.6	121	156	231
菊池堆肥	24.1	51.3	69.6	25	53	71
新潟堆肥		63.9	87.4		64	87
(参考) アヅミン				396	477	666

AI; 現物当たり(as is), DM; 乾物当たり(dry matter), OM; 有機物当たり(organic matter)

2016年2月から2016年11月にかけて採取した堆肥化工程を完了した造粒前の開発肥料の現物あたりの含水率、pH、灰分、全窒素（TN）、全炭素（TC）、C/N比、全りん酸（T-P₂O₅）、全加里（T-K₂O）、全石灰（T-CaO）、全苦土（T-MgO）、腐植酸（肥料分析法に基づく）を示した。いずれの項目も変動係数は10%と小さく年間を通じて成分が安定していた（表6）。

表 6 開発肥料（造粒前）の成分変動

採取日	含水率	pH(1:2)	灰分%	TN%	TC%	C/N	T-P ₂ O ₅ %	T-K ₂ O %	T-CaO %	T-MgO %	腐植酸%
160203	30.9	8.24	28.0	2.93	22.56	7.71	6.47	6.95	5.91	1.65	19.7
160301	24.0	8.64	28.8	3.59	24.98	6.96	6.87	7.28	5.85	1.77	23.7
160330	27.1	8.38	28.3	3.36	24.37	7.25	6.70	7.28	6.3	1.66	21.7
160502	30.0	8.50	26.5	3.26	22.68	6.95	6.23	6.96	5.83	1.58	20.1
160531	29.4	8.50	26.2	3.25	23.00	7.08	6.59	7.28	6.14	1.69	22.2
160630	29.5	8.52	27.0	3.23	22.30	6.91	6.68	7.16	6.34	1.79	20.2
160729	31.6	8.58	26.7	3.09	21.80	7.05	5.92	7.12	5.75	1.53	20.1
160831	29.0	8.48	27.2	3.29	21.49	6.52	6.73	7.42	6.14	1.75	20.5
160930	28.9	8.44	27.4	3.18	22.97	7.23	6.98	7.40	5.52	1.79	
161101	28.5	8.40	28.0	3.21	23.35	7.27	6.55	7.61	5.89	1.59	
161130	26.2	8.38	28.7	3.29	24.17	7.34	6.94	7.48	6.16	1.76	
平均	28.6	8.46	27.5	3.24	23.06	7.12	6.61	7.27	5.98	1.69	21.0
標準偏差	2.17	0.11	0.91	0.16	1.08	0.30	0.31	0.21	0.25	0.09	1.38
変動係数%	7.58	1.29	3.29	5.02	4.70	4.25	4.75	2.86	4.20	5.46	6.58

開発肥料の1～3年後の炭素残存率は、56、43、36%と牛ふん堆肥と比べて同程度であった。一方、開発肥料の3年後の窒素残存率は、牛ふん堆肥より低く44%程度であった（図1）。但し、表7に示すように開発肥料は牛ふん堆肥に比べて全窒素含量が大きいことから、乾物1kg当たりの窒素残存量は19gと牛ふん堆肥の10、13gに比べて大きかった。

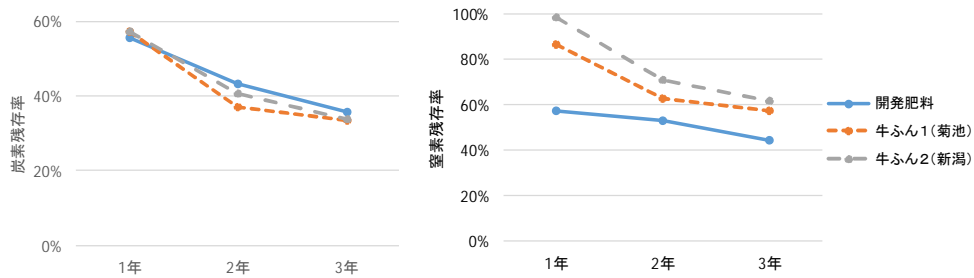


図 1 埋設試験による開発肥料と牛ふん堆肥の1～3年後の炭素残存率と窒素残存率

表 7 埋設試験並びに圃場試験に用いた肥料（堆肥）の一般化学性

資材名	水分 %	pH	EC mS/cm	T-C	T-N	P2O5 g kg ⁻¹	K2O g kg ⁻¹	CaO g kg ⁻¹	MgO g kg ⁻¹	C/N	灰分 %
開発肥料 乾物当				326.8	42.9	87.1	73.7	86.6	23.6		38.7
ペレット 現物当	16.4	8.90	5.02	275.5	35.9	72.8	61.6	72.4	19.7	7.7	
ペレット 乾物当		8.31	3.52	393.9	18.4						26.3
菊池堆肥 現物当	53.1			184.7	8.6					21.4	
菊池堆肥 表示	50.0				9.5	15.2	18.2	7.9		21.0	
新潟堆肥 乾物当	4.5			353.4	21.4					16.5	26.9*

攪拌造粒による造粒性に及ぼす含水率の影響について、目開き5 mmで篩った開発肥料（含水率25.7%）を加水により含水率を調整して調べた。攪拌機の自走速度1.5 m/分、攪拌羽根回転速度60rpmにて30往復後（約2時間攪拌）に、目開き10 mm、6 mm、3 mmのふるいを用いて造粒物を篩別し粒径組成を調査した。含水率35%では造粒できず、同44%では、ターゲットとする3～10 mmの粒径の割合が68%であった。さらに、含水率40%と42%に調整し造粒を行ったところ、3～10 mmの粒径の割合は各々24%、72%となった（図2）。以上から含水率42%から44%が開発肥料の攪拌造粒適正含水率であることが示唆された。

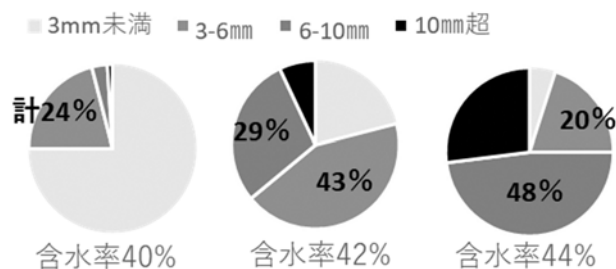


図 2 攪拌造粒法における含水率が造粒物の粒径に及ぼす影響

含水率44%の時の原料の可塑性は、掌上でこねて直径1mm内外の棒状に伸ばせる程度であり、粘着性は掌上でこねた時に指を離す時に伸びない程度であった。含水率40%の時の原料の可塑性は、掌上でこねて直径2mm内外の棒状に伸ばせる程度であった。

② 開発肥料を用いた露地野菜栽培の実証

施肥を行った3区いずれもキャベツに対し施肥反応が認められた(表8)。開発肥料+硫安区の全重、調整重、結球重、球径、球高はいずれも慣行区と同等であり、開発肥料+化成区の全重、調整重、結球重、球径はいずれも慣行区より有意に大きかった。Ca、Mg吸収量についても有意な差が認められた(表8)。

表8 施肥処理の違いがキャベツの生育、吸収量、作物体養分濃度に及ぼす影響。(試験A)

試験区	全重	調整重	結球重	球径	球高	N吸収量	N利用率	Ca吸収量	Mg吸収量	K吸収量
	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²	cm	cm	g/m ²	%	g/m ²	g/m ²	g/m ²
慣行区	7.65 b	5.32 b	4.84 b	18.8 b	14.6 a	18.8a	60	10.5b	1.70b	21.9a
開発肥料+化成	8.97 a	6.48 a	5.93 a	20.1 a	15.3 a	20.7a	70	12.7a	1.93a	21.5a
開発肥料+硫安	8.29 ab	5.74 ab	5.17 ab	19.4 ab	14.6 a	21.2a	73	12.0ab	2.02a	20.0a
無肥料区	2.26	0.79	0.66	7.1	6.6	7.3	—	4.4	0.69	8.59

試験区	外葉				結球			
	N %乾物	Ca %乾物	Mg %乾物	K %乾物	N %乾物	Ca %乾物	Mg %乾物	K %乾物
慣行区	3.92a	3.71a	0.48a	4.40a	3.80a	0.99a	0.25a	4.55a
開発肥料+化成	3.95a	4.15a	0.55a	3.74b	3.86a	1.07a	0.26a	4.12b
開発肥料+硫安	4.01a	3.79a	0.50a	3.42b	3.78a	0.99a	0.24a	3.98b
無肥料区	3.21b	2.37b	0.35b	3.74b	4.53a	0.75b	0.22b	4.26ab

③ 開発肥料を用いたブロッコリー=カンショ栽培体系の確立

ブロッコリーは2018年3月に三回にわたって収穫を行った。収穫適期となったブロッコリーは、慣行施肥で早い傾向にあったが、最終的な可収穫株数は処理間で有意な差は認められず、65%以上が収穫可能であった(図3左)。収穫した花蕾重は処理間で有意な差は認められなかった(図3右)。作物体の部位別の養分濃度については、総じて処理間差が認められなかったが、葉のK濃度が慣行区に比べて、開発肥料+硫安区で有意に小さかった(データ略)。

後作カンショの茎葉重と上イモ収量を図4に示した。茎葉重はカンショ作前に施肥を行うことで有意に増加した(5%水準)。また、前作ブロッコリーの施肥が慣行区に比べて、開発肥料+硫安区で有意に茎葉重が小さかった(図4左)。ブロッコリー施肥とカンショ施肥で交互作用は認められなかった。一方、上イモ収量については、カンショに施肥することで低下し、前作施肥とカンショ施肥処理の交互作用が認められた(図4右)。1株あたりの上イモ個数、上イモ一個重、外観品質(データ省略)に処理間の違いは認められなかった。

以上からりん酸・加里肥料の代替として開発肥料を施用したブロッコリー栽培では、肥料代同程度で同等の花蕾収量を得られた。また、後作のカンショへの施肥を省略することができた。以上により二作を通じて慣行栽培(カンショ施肥有)に比べてりん酸肥料の施肥量をゼロに、加里肥料の施肥量を4.9kg/10a(85%削減)に大幅に削減できた。

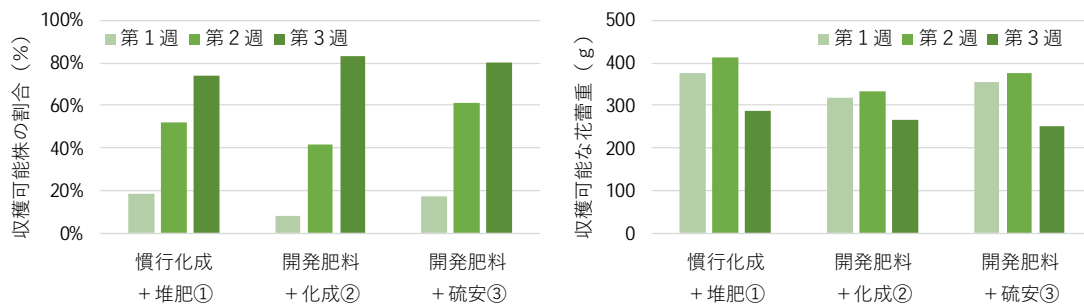


図 3 処理別のブロッコリー可収穫株率 (左) と花蕾重 (右)

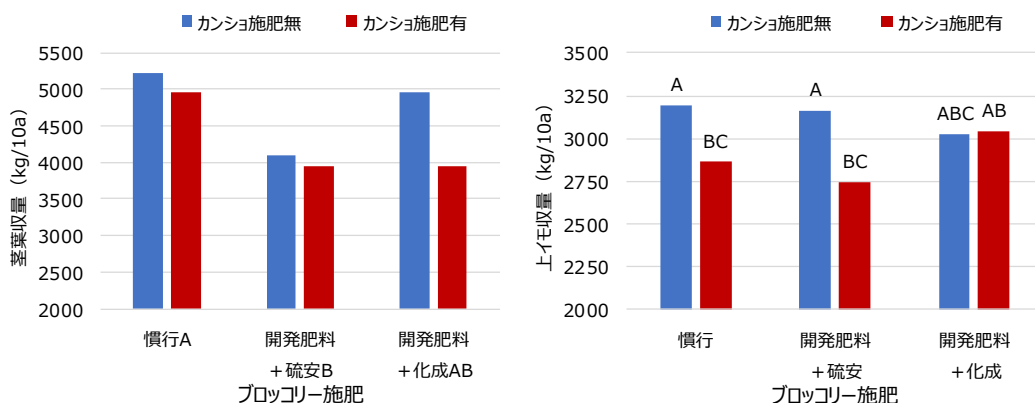


図 4 カンショの茎葉収量 (左) と上イモ収量 (右)

処理名の後のアルファベットが異なる場合 5%水準で有意差あり。

4) 成果活用における留意点

開発肥料の原料である鶏ふん一焼酎蒸留廃液混合堆肥は2020年度より生産が再開する見込みである(2020年度585トン)が、造粒については改めて検討される。普及機関や農協等と連携し、気象や土壌などの条件が異なる地域において、当肥料の各種作物の収量に及ぼす効果を現地実証ほによって検証し、速やかな普及を図る必要がある。

5) 今後の課題

開発肥料の普通肥料登録は未達であり、加工家きんふん肥料の肥料登録が課題である。さらに、開発肥料の機能性、特に、作物生育促進効果と土壌生物相への影響について検証を続ける必要がある。

<引用文献>

- Harada, Y. & Inoko, A. (1980) The measurement of the cation exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity, *Soil Science and Plant Nutrition*, 26:1, 127-134, DOI: 10.1080/00380768.1980.10433219
- Lamar, R. T., Olk, D. C., Mayhew, L., & Bloom, P. R. (2014). A new standardized method for quantification of humic and fulvic acids in humic ores and commercial products. *Journal of AOAC International*, 97(3), 721-730.
- 古江広治・上沢正志(2001) 反応速度論的手法での土壌および有機質資材の有機態窒素の無機化特性値データ集. 農業研究センター研究資料. 43, 1-50.

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	202	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(2) 肥料効果及び土づくり効果の高い鶏ふん堆肥製造とその利用法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	三重県農業研究所基盤技術研究室フード・循環研究課 水谷 嘉之、堂本 晶子、西 颯太		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

鶏ふん堆肥は肥料成分量が他畜種に比べて高い反面、炭素量が低いことから土壌改良資材ではなく、肥料として考えられている。しかし、縦型密閉式発酵装置等で製造された一部の高窒素鶏ふん堆肥は肥料として活用が進んでいるが、養鶏農家に広く導入されている開放攪拌型発酵装置で製造された堆肥は窒素成分量が低いことから肥料としての利用が難しく余剰対策が求められてきている。一方、水田転作が進む中で転作水田における地力低下と生産性の減退が問題となっており、地力を維持するためのハンドリングの良い有機資材が求められてきている。そこで鶏ふんを対象として堆肥化時に腐植酸資材を混合し、本県特許技術の造粒方法を用いて攪拌発酵を行うことで安価で土壌改良効果が高い機能性粒状鶏ふん肥料を製造する製造条件を確立する。また、製造資材の肥効や地力維持効果を、転作キャベツを対象に検証し、開発資材の肥料登録と普及を進める。

2) 研究方法

(1) 肥料効果及び土づくり効果の高い鶏ふん堆肥製造法の確立

①ロータリー式小型造粒装置を用いた鶏ふん造粒適性水分検討

ロータリー式攪拌装置による造粒は、原料が特有の造粒適性水分において一定回数攪拌されることによって生じる。鶏ふんに腐植酸資材を5%w/wDW混合した場合の適性水分範囲を明らかにするため、原料水分を40～65%の6段階に調整しロータリー式小型造粒装置を用いて原料水分含有率が造粒に与える影響について検討した。

②ロータリー式攪拌発酵装置を用いた鶏ふんの発酵造粒安定化にむけた基礎データ収集

現地農家堆肥化機械実機(ロータリー式攪拌発酵装置KN-4000型発酵装置)を用いて、ウインドウレス鶏舎から排ふんした鶏ふんに腐植酸資材を5%w/wDW混合した際の発酵造粒時の水分変化温度・堆肥舎内温湿度、外見変化(造粒の有無)などを調査し、安定した発酵造粒を行うた

めの基礎データを収集した。

(2) 肥料効果及び土づくり効果の高い鶏ふん堆肥利用法の確立

① 試験場所

(ア) 場内試験: 三重県農業研究所内圃場(表層淡色黒ボク土)

栽培前土壌の理化学性

pH	EC (dSm ⁻¹)	可給態リン酸 (mgkg ⁻¹)	交換性塩基 (cmol _c kg ⁻¹)			CEC (cmol _c kg ⁻¹)
			石灰	苦土	加里	
5.8	0.037	982	11.0	1.8	0.8	23.5

(イ) 現地試験: 現地農家ほ場(表層腐植質黒ボク土 水田転換畑)

栽培前土壌の理化学性

pH	EC (dSm ⁻¹)	可給態リン酸 (mgkg ⁻¹)	交換性塩基 (cmol _c kg ⁻¹)			CEC (cmol _c kg ⁻¹)
			石灰	苦土	加里	
5.64	0.071	468	11.1	0.9	0.9	40.5

② 供試作物・品種: キャベツ

(ア) 松波(栽培期間 9月~12月) (イ) 冬藍(栽培期間 9月~12月)

③ 供試資材: 開発肥料00、05、10(腐植酸資材0%、5%含有および10%含有)

	水分 (%)	腐植酸資材 添加量 (%)	成分含有率 (g kg ⁻¹ DW)					
			窒素	リン酸	加里	石灰	苦土	炭素
開発肥料00	9	0	28.6	59.3	34.1	170	18.7	292
開発肥料05	13	5	28.7	58.6	34.5	161	18.4	321
開発肥料10	13	10	29.1	56.3	34.5	157	19.5	317

④ 試験区の構成と実験計画

目的1: 開発肥料05、10、201開発肥料を用いた場合のキャベツ収量を慣行栽培と比較

試験区	成分施用量 (kg/10a)		
	窒素	リン酸	加里
慣行化成(堆肥あり)	32	20	28
慣行化成(堆肥なし)	32	20	28
開発肥料05+NK	0	25	28
開発肥料10+NK	32	25	28
201開発肥料+NK	0	25	28
開発肥料05+N	32	25	15
開発肥料10+N	32	25	15
201開発肥料+N	32	25	28

・目的2: 開発肥料05の窒素・リン酸・加里肥効評価する

試験区	窒素	リン酸	加里
開発肥料05+NK	32	25	28
開発肥料05+K	0	25	28
無窒素	0	20	28
無リン酸	32	0	28
無加里	32	20	0

- ⑤調査項目:生育収量調査、養分吸収量、土壤理化学性、施肥作業性・コスト試算
- (3) 開発肥料による土づくり効果の検証
 - ①供試資材: 開発肥料00、05、10、プロジェクト研究共通試料(牛ふん堆肥)
 - ②試験方法: 土壤及び資材をガラス繊維ろ紙で包み、圃場土中に埋設した。
 - ③調査項目: 内容物重量、全炭素・全窒素量、土壤CEC

3) 研究結果

(1) 肥料効果及び土づくり効果の高い鶏ふん堆肥製造法の確立

ロータリー式小型造粒装置を用いて原料水分含有率が造粒に与える影響について検討した結果、含水率60%で目標製品粒径の割合が70%と最も高くなったが、水分50%以下では3mm以下の細粒が9割以上を占めた。一方65%水分では塊状となり、造粒は認められなかったが(図1)、さらに連続運転を実施したところ、水分が63%に低下した時点(60往復時)で良好な造粒が見られ、この場合の目標製品粒径の割合は75%と最も高かった。

以上の結果より、ウインドウレス鶏舎から排ふんされた採卵鶏ふんを原料とする場合の適性造粒水分範囲は55~63%であること、また鶏ふんの水分が低い場合は、含水率65%程度まで加水した後、堆肥化過程で水分を蒸発させ、造粒適性水分に落とす水分管理を行う必要があることが明らかになった。

②ロータリー式攪拌発酵装置を用いた鶏ふんの発酵造粒安定化にむけた基礎データの収集

現地採卵鶏農家における実規模装置における10月の造粒試験結果を図2に示す。新鮮鶏ふん水分が50%と低いため、投入2~4日目に加水し、発酵造粒開始4日目・適性水分範囲(55~63%)での機械走行回数18回で堆肥は粒状となった。堆肥含水率は加水終了後から低下し、投入9日目(10/16)には約35%に低下した。4日目以降で形成された造粒物は表面の平滑化が進むことが確認された。

季節ごとの堆肥化時に伴う堆肥含水率変化を図3に示した。夏期は水分の蒸発が多く、適性水分範囲未達まで他の時期よりも1.5倍早く低下することが明らかになった。このことから、夏期は加水量を多く設定すること、インバーター設置などにより、1日当たりの攪拌走行回数の上限を現状の6回から9回に増やすことにより、造粒効率を向上できる可能性を示した。

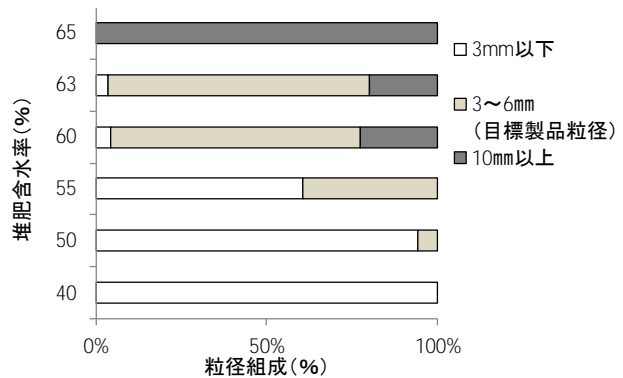


図1 含水率が鶏ふん造粒に与える影響

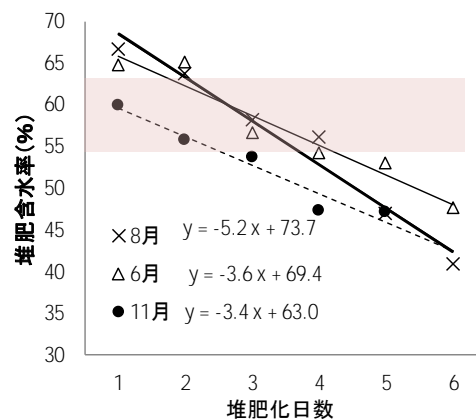
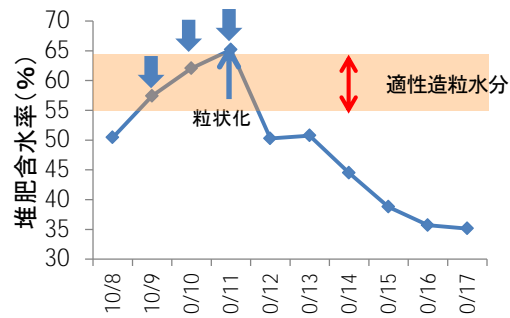


図3 堆肥化日数と堆肥含水率の関係

(2) 肥料効果及び土づくり効果の高い鶏ふん堆肥利用法の確立

①キャベツ栽培試験

目的1：開発肥料05、10を用いた場合のキャベツ収量を慣行栽培と比較（図4）

場内試験、現地試験ともに、慣行施肥区（堆肥なし）と比較して腐植酸資材の添加量にかかわらず開発肥料05+NK区、開発肥料10+NK区、開発肥料05+N区、開発肥料10+N区でキャベツ収量は同等であった。慣行施肥区（堆肥あり）区と比較するとやや劣る傾向にあるが、堆肥由来の窒素肥効によるものと考えられた。201開発肥料+NK区では慣行化成（堆肥あり）区と同等の収量が得られ、R1年度においても収量が最も高かった。

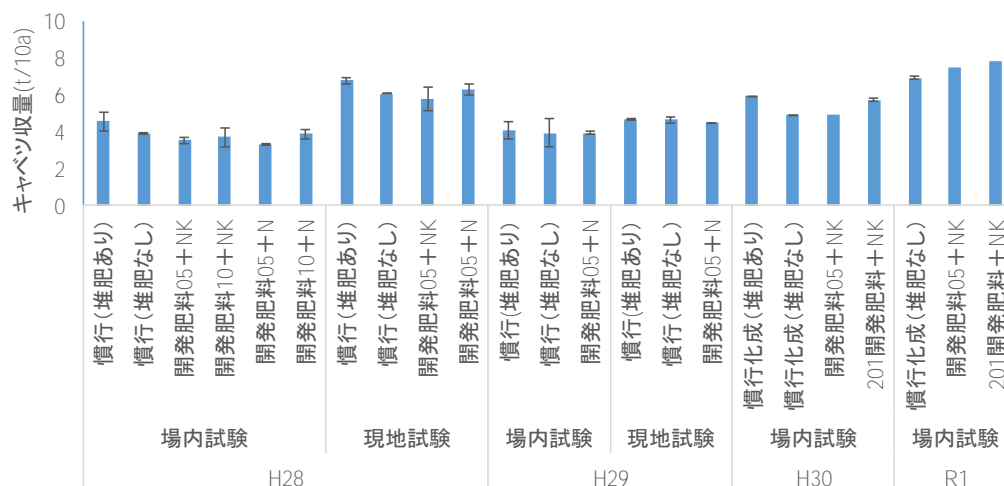


図4 キャベツ収量

目的2: 開発肥料05の窒素・リン酸・加里肥効評価

開発肥料05の窒素肥効を評価した結果、開発肥料05+K区のキャベツ収量は無窒素区と差が認められなかった。開発肥料05+K区の窒素吸収量から無窒素区の窒素吸収量を差し引いた見かけ上の窒素肥効率は約10%であった。施用した500kgに含まれる有効窒素量は約1kgであり、キャベツ栽培にかかる窒素施用量32kgからみると無視できる程度であった。

リン酸・加里については土壌中に可給態リン酸および交換性加里が含まれており、キャベツ収量が慣行と同等であったことから、評価できなかった(図5)。

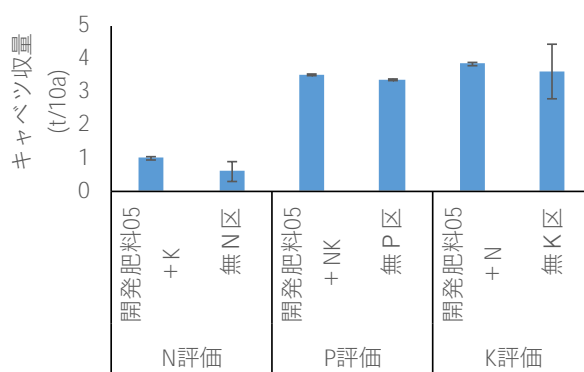


図5 キャベツ収量

②キャベツ栽培時における施肥コスト

開発肥料05を用いることにより、慣行化成肥料(堆肥あり)と比較して約16000円、慣行化成肥料(堆肥なし)体系と比較して約9000円の施肥コストを削減できるとともに、土壌改良行為を省略できることが明らかになった(表1)。

表1 施肥コスト試算

作業労力				開発肥料区				施肥資材							
慣行化成肥料(堆肥あり)区				慣行化成肥料(堆肥あり)区				慣行化成肥料(堆肥あり)区							
土壌改良	作業項目	作業時間 ^w (min/10 a)	人件費 ^v (円/10 a)	土壌改良	作業項目	作業時間 (min/10 a)	人件費 (円/10 a)	資材	施肥量 (kg/10 a)	肥料費 (円/10 a)					
牛ふん堆肥	積み込み	7.2	104	(省略)				牛ふん堆肥	2,000	6,900	土壌改良				
	散布 ^z	21.7	316					ようりん	65	6,757					
	耕起 ^y	13.0	190					苦土石灰	80	2,384					
苦土石灰	積み込み	1.3	19					元肥	園芸化成682	125	13,869	追肥	燐硝安加里 ^t 46	60	8,223
	散布 ^x	12.6	184												
ようりん	積み込み	1.3	19												38,133
	散布	10.2	149												
	耕起	12.1	177												
元肥								元肥				慣行化成肥料(堆肥あり)区			
元肥	作業項目	作業時間 (min/10 a)	人件費 (円/10 a)					元肥	作業項目	作業時間 (min/10 a)	人件費 (円/10 a)	資材	施肥量 (kg/10 a)	肥料費 (円/10 a)	
園芸化成 682	積み込み	2.7	39					開発肥料	積み込み	8.0	116	土壌改良	ようりん	65	6,757
	散布	12.0	175						散布	15.2	221		苦土石灰	80	2,384
								尿素	積み込み	0.7	11	元肥	園芸化成682	125	13,869
									散布	20.1	293	追肥	燐硝安加里 ^t 46	60	8,223
追肥								追肥				開発肥料区			
追肥	作業項目	作業時間 (min/10 a)	人件費 (円/10 a)	追肥	作業項目	作業時間 (min/10 a)	人件費 (円/10 a)	資材	施肥量 (kg/10 a)	肥料費 (円/10 a)					
燐硝安加里 S646	積み込み	1.3	19	元肥	開発肥料	500	15,000	元肥	開発肥料	500	15,000				
	散布	5.8	84	尿素	積み込み	0.7	10	追肥	尿素	44	3,300				
				尿素	散布	20.1	292		尿素	44	3,300				
											21,600				

z マニアスプレッダ(2.0 t、牽引式、デリカ)
y NZ2500(ニューホランド)・MXR2210(ニプロ)
x キングウェルKL340(クボタ)・ライムソウ(作業幅185cm、メーカー不明)
w 動画撮影により計測した実測値を10 aあたりに換算(補正なし)
v 作業労賃 873円/h/人

u WA40-8(800 L、コマツ)
t DAM-353S(3.5 t、自走式、デリカ)

③キャベツ栽培後土壌の理化学性変化

キャベツ栽培後の土壌可給態窒素含有量は開発肥料05区で慣行化成区(堆肥なし)と比較して高かった。慣行化成区(堆肥あり・牛ふん堆肥2t施用)には及ばないものの、同資材は可給態窒素の維持効果を有することが明らかになった。また、開発肥料区では土壌交換性石灰含有量が慣行化成区と比較して高かった。これは開発肥料05に豊富に含まれる石灰によるものであり、同資材は塩基の不足した圃場では省力資材として有効であるが、連用の場合は塩基のモニタリングが必要であることが明らかになった(表2)。

表2 キャベツ2作後土壌(現地試験)

	pH (H ₂ O)	EC (d Sm ⁻¹)	可給態リン酸 (mgkg ⁻¹)	交換性塩基(cmolc kg ⁻¹)			可給態窒素 (mgkg ⁻¹)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	CEC cmolc kg ⁻¹
				石灰	苦土	加里				
開発肥料05	6.1	0.04	514.6	11.5	0.8	10.7	67.6	0.40	8.41	41.2
慣行化成肥料(堆肥あり)	5.9	0.05	434.1	9.0	1.3	16.8	81.6	0.44	9.28	43.9
慣行化成肥料(堆肥なし)	5.9	0.05	428.9	9.4	1.1	11.9	63.4	0.38	8.30	42.8

(3) 開発肥料による土づくり効果の検証

土壌中における開発肥料の炭素・窒素残存率を土壌埋設試験により調査した結果、埋設1年後までに全炭素の7割以上が減少し、その後埋設3年後までに漸減した(表3)。鶏ふん堆肥に腐植酸質資材を添加した場合、埋設2年後以降で開発肥料00、05と比較して開発肥料10でやや高い傾向が認められたが、その程度は小さかった。同埋め込み試料の土壌CECを測定した結果、鶏ふん堆肥時に腐植酸資材を添加した場合、腐植酸資材添加量に応じて土壌CECの向上効果が高まる傾向にあった(図6)。

以上より、鶏ふんへの腐植酸資材添加により、土壌中の残存炭素・窒素量に大きな変化はみられなかったが、土壌CECの向上効果を示すことが明らかになった。

表3 土壌埋設時の開発肥料の炭素及び窒素残存率

埋設試料	腐植酸資材 添加割合	炭素残存率(%)				窒素残存率(%)			
		H28(1年目)*	H29(1年後)	H30(2年後)	R1(3年後)	H28(1年目)	H29(1年後)	H30(2年後)	R1(3年後)
鶏ふん堆肥	0%DW	56.5	29.9	28.2	23.5	64.6	40.8	37.0	30.6
	5%DW (開発肥料)	59.4	26.3	28.3	24.3	75.3	36.9	37.3	30.9
	10%DW	60.6	29.0	31.8	26.0	74.0	39.2	40.3	32.0
乳牛ふん堆肥(新潟県標準)		-	45.4	35.5	36.2	-	-	57.0	57.7

※ 試料埋設:平成28年9月12日、取り出し:H28(平成28年9月26日)、H29(平成29年10月10日)、H30(平成30年9月7日)、R1(令和元年11月25日)

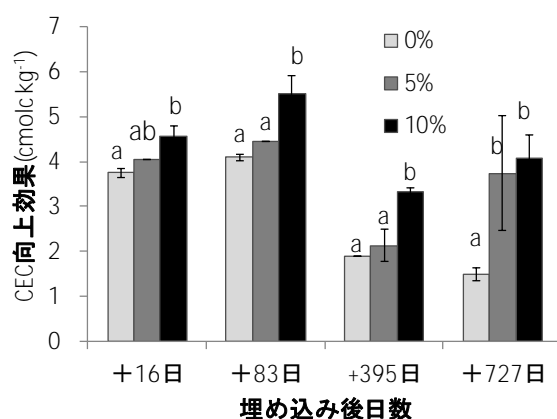


図6 開発肥料のCEC向上効果

4) 成果活用における留意点

- ・ 開発肥料 05 は一般鶏ふん肥料よりも腐植酸を多く含み、散布時の悪臭発生が少ないため堆肥の散布しにくい場所での土づくりに活用できる。
- ・ 開発肥料 05 は窒素以外のリン酸・加里が豊富に含まれることから、窒素以外の施肥を大幅に削減でき、土改材散布を省略することができる。
- ・ 開発肥料 05 には窒素肥効がないため、必要な窒素成分を化成単肥で施用する必要がある。
- ・ 開発肥料 05 には石灰が豊富に含まれていることから、石灰施用を省略するが、過剰施用とならないように施用量に注意すると共に、土壌診断を定期的に行い、交換性石灰をモニタリングする必要がある。

5) 今後の課題

開発肥料の肥料登録が未達であり、今後の課題である。肥料取締法改正により同様の腐植酸資材添加鶏ふん肥料の肥料登録やさらなる機能性強化が可能となると想定される。安価で土壌改良効果が高い機能性粒状鶏ふん肥料のさらなる高機能化に向けた取り組みや利用場面の拡大が必要であると考えられる。

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	203	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(3) 稲麦大豆輪作体系における省力化肥料の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	福岡県農林業総合試験場・生産環境部環境保全チーム・西尾祐介、水田一枝、荒木雅登、尾上武、竹下美保子、渡邊敏朗、茨木俊行、樋口俊輔、持永亮、下田翼		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

福岡県では稲・麦・大豆の2年4作体系の中で土づくりを進めているが、休閑期がなく有機物施用が困難な状況である。このため、小麦追肥時期に肥料と有機物の施用を同時に行うことによる小麦栽培の省力化、及び輪作のリン酸・カリ化学肥料の50%削減を目標として、堆肥と窒素肥料を混合した混合堆肥複合肥料の開発と実証を行う。

2) 研究方法

(1) 混合堆肥複合肥料の作成および製造時の窒素減耗の抑制 (27-28 年度)

ア. 試作種類および原料:

年度	種類	窒素源原料	その他の原料	N(速効N)-P205-K20	水分%
27	N4型	尿素	牛ふん堆肥、鶏ふん堆肥、鶏ふん焼却灰	4.1(2.5)-4.5-4.8	11
	N3型	尿素	同上	3.4(1.9)-4.6-4.9	11
	N4緩効型	尿素・CDU窒素	同上	4.0(1.3)-4.3-4.4	11
28	N硫4型	硫安・S4液	牛ふん堆肥、鶏ふん堆肥、加工家きんふん肥料	4.4(2.5)-3.3-3.0	18

イ. 調査項目: 材料混合時、造粒後、熱乾燥後の成分変動

(2) 埋設試験における窒素溶出および炭素残存状況の調査 (27-28 年度)

ア. 埋設圃場: 福岡農林試第二水田麦圃場 (灰色低地土)

イ. 埋設時期および方法: 2016年2月第一週、ガラス繊維ろ紙封入

ウ. 埋設肥料: N4型、N3型、N4緩効型、クミアイNK2

エ. 埋設期間: 埋設後15、30、60、90、120日

オ. 調査項目: 窒素溶出量、炭素残存量

(3)小麦栽培における適正窒素量の検討 (27-28年度)

ア. 試験圃場：福岡農林試第二水田麦圃場 (中粒質普通低地水田土)

イ. 供試品種：チクゴイズミ

ウ. 試験区構成

試験区	播種日	追肥肥料および 施用量/10a	追肥成分量 (kg/10a) N(即効N)-P205-K20	追肥日	備考
N4区	27.11.24	N4型 400kg	17 (10) -17-16	28.2.3	一回追肥
N3区	〃	N3型 400kg	15 (7.5) -17-16	〃	〃
N4緩効区	〃	N4緩効型 400kg	15 (5) -17-16	〃	〃
化学肥料慣行区	〃	クマイNK2 38kg	6 (6) - 0- 6	〃	〃

エ. 調査項目：小麦生育状況、収量、品質

(4)小麦単作栽培における3年連続施用効果と土壌への影響の検証 (28-R1年度)

ア. 試験圃場：福岡農林試第二水田麦圃場 (中粒質普通低地水田土)

イ. 供試品種：チクゴイズミ

ウ. 試験区構成

試験区	播種日	基肥量 (kg/10a) N-P205-K20	追肥量 (kg/10a) N(AN)-P205-K20	追肥 実施日	追肥回数
開発肥料 追肥区	28.11.25 29.11.21 30.11.27	5 - 5 - 5 クマイ48	18 (10) -14 - 13 すすき433 (400kg/10a)	29.1.29 30.2.2 31.1.25	一回追肥
化学肥料 慣行区(対照)	〃	〃	6 - 0 - 6 クマイNK2(25+13kg/10a)	29.1.29+3.3 30.2.2+3.2 31.1.25+2.22	二回追肥 (4+2)

エ. 調査項目：小麦生育状況、収量、品質、土壌化学性および物理性

(5)現地輪作圃場の2年連用における施用効果の実証および土壌への影響の検証 (29-R1年度)

ア. 試験場所：小郡市 (麦水稻：細粒質普通低地水田土、麦大豆：細粒質湿性褐色森林土)

イ. 供試品種：小麦チクゴイズミ、水稻元気つくし、大豆フクユタカ

ウ. 試験区構成

①麦-水稻輪作圃場

試験区	麦基肥 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)	麦追肥1 N(AN)-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)	麦追肥2 (kg/10a) N(AN)-P ₂ O ₅ -K ₂ O	夏作水稻施肥設定			面積
				基肥N-P ₂ O ₅ -K ₂ O		穂肥	
				1年目	2年目		
開発肥料 追肥区	5.6 - 6 - 5 ちくごのめぐみ 444 40kg/10a	18 (10)-14-13 すすき433 400kg/10a	なし	4-3-3 元ヒ一発 20kg/10a	8-0-0 LPコート* 20kg/10a	なし	12 a
化学肥料 慣行区 (対照区)	5.6 - 6 - 5 ちくごのめぐみ 444 40kg/10a	4 - 0 - 4 みいの極み606 25kg/10a	2 - 0 - 2 みいの極み606 12.5g/10a	8-5-5 元ヒ一発1号 40kg/10a		なし	18 a

開発肥料施用日：2018.2.9、2019.1.27

小麦栽培概要：条間20cm×8条播種、水稻栽培概要：条間18cm、株間20cm、

*LPコートはSS100：S120=7：3混合品を使用

②麦—大豆輪作圃場

試験区	麦基肥 (kg/10a) N -P ₂ O ₅ -K ₂ O	麦追肥1 (kg/10a) N(AN)-P ₂ O ₅ -K ₂ O	麦追肥2 (kg/10a) N(AN)-P ₂ O ₅ -K ₂ O	夏作大豆 基肥N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	面積
開発肥料 追肥区	5.6 - 6 - 5 ちくごのめぐみ444 40kg/10a	18 (10) -14 -13 すすき433 400kg/10a	なし	なし	15a
化学肥料 慣行区 (対照区)	5.6 - 6 - 5 ちくごのめぐみ444 40kg/10a	4 - 0 - 4 みいの極み606 25kg/10a	2 - 0 - 2 みいの極み606 12.5g/10a	1.2 -4 -4 豆化成300 30kg/10a	14a

開発肥料施用日：2018.2.1、2019.1.28

小麦栽培概要：条間20cm×8条播種、大豆栽培概要：畝間70cm、株間19cm、2粒点播

エ. 調査項目：小麦生育状況、収量、品質、土壌化学性および物理性、夏作収量、年間収益、肥料散布コスト

3) 研究結果

(1) 混合堆肥複合肥料の作成および製造時の窒素減耗の抑制 (27-28年度)

- ・ 窒素源を尿素から硫安および味の素製アミノ酸副生液アジS 4液に変更することにより、造粒～乾燥工程における窒素減耗を、最大15%から7%以内に抑制した(表1)。
- ・ 窒素減耗を抑制した配合設計品について普通肥料登録を行った。(29年4月、名称「すすき混合433号」、登録番号103493)

表1 製造工程における混合堆肥複合肥料中の窒素量変化(現物重量%)

作成 年度	種類	速効性 窒素源	水分 %	全N 設計値	造粒前 混合時	造粒・乾燥後	完成品N減耗%	
							対設計	対配合後
27	N4型	尿素	11	4.57 (100)	4.24 (93)	4.06 (89)	11	4
	N3型	尿素	11	3.99 (100)	3.76 (94)	3.39 (85)	15	10
	N4緩効型	尿素・CDU	11	4.50 (100)	—	4.02 (89)	11	—
28	N硫4型	硫安・S4	18	4.59 (100)	4.71 (103)	4.39 (96)	4	7

(2) 埋設試験における窒素分解率および炭素残存率 (27-28年度)

- ・ N4、N3型は埋設30日以内に速効性窒素が溶出し、その後の窒素溶出量はわずかであった。N4緩効型は30日以内の窒素溶出量が少なく、追肥としての窒素量が不足と考えられた。炭素残存率は肥料種類間に顕著な差は見られなかった(図1)。

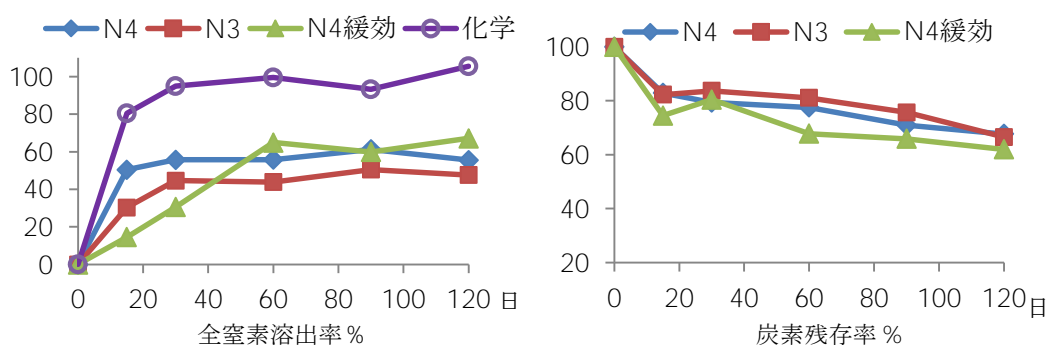


図1 開発肥料3種および化学肥料の120日間埋設における窒素溶出率および炭素残存率

(3) 小麦栽培における適正窒素量の検討 (27-28年度)

- ・ N4区の精麦重、粒数、穂数は化学肥料慣行区より高い傾向が見られ、N3区では精麦重が有意に低下した(表2)。この結果から、収量の確保にはN4区の窒素水準=全窒素4%、アンモニア性窒素2.5%、アンモニア性窒素施用量10kg/10aが適正と判断された。

表2 試作肥料3種による小麦栽培結果

試験区	精麦重 kg/10a	粒数/m ² ×100	穂数 /m ²	一穂 粒数	千粒 重 g	乾わら 重 g/m ²	容積 重g/l	子実外 パク率%	検査 等級
N4区	480	122	366	33.3	39.7	496	789	7.86	2.0
N3区	374*	106	340	31.2	38.9	450	786	7.73	2.0
N4緩効区	422	102	320	32.0	38.7	444	787	7.77	2.0
化学肥料慣行区	438	110	332	33.4	38.9	467	791	7.76	2.2

精麦重は水分12.5%換算、子実外パク率はインテック1241で測定し水分13.5%換算。検査等級は1等上(1)~2等下(6)で表記。

*は対照化学肥料区に対して有意に異なる(P<0.05、tukey検定)

(4) 小麦単作栽培における3年連続施用効果と土壌への影響 (28-R1年度)

- ・ 開発肥料区の精麦重と子実タンパク率は3年とも化学肥料慣行区より高く推移する傾向にあり、3年目の精麦重、1年目と3年目の子実タンパク率は有意に化学肥料慣行区を上回った。3年目にはm²当り粒数も有意に増加した(図2)。
- ・ 開発肥料追肥区の土壌可給態窒素量と腐植量は、1年目から化学肥料慣行区より高く推移する傾向にあり、3年目には有意に高くなったことから、開発肥料による有機物の蓄積が示された(図3)。3年目の土壌孔隙率には有意差が認められなかった(データ略)。

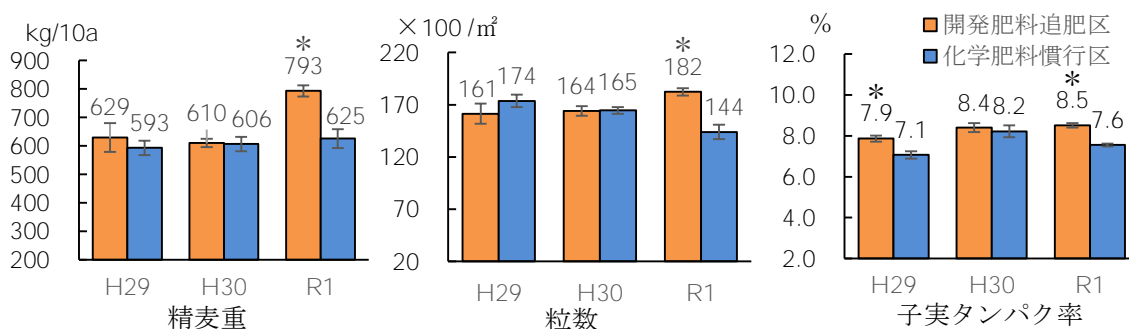


図2 小麦単作への3年間連用における開発肥料追肥区と化学肥料慣行区の栽培成績

*は同年次の化学肥料慣行区に対して有意差あり、p<0.05、t検定

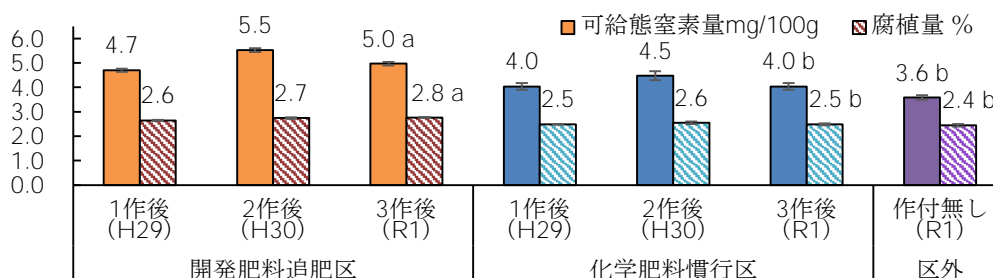


図3 小麦単作3年間における収穫後土壌中の可給態窒素量および腐植量の推移

異符号間は同年次内において有意差あり、p<0.05、tukey検定

(5) 現地輪作圃場の2年連用における施用効果の実証および土壌への影響の検証 (29-R1 年度)

- ・ 麦-水稲および麦-大豆輪作において、開発肥料区で麦の収量は慣行区より 4~44% 高く推移した、夏作収量は慣行区収量の-17~+11%の範囲であった(図4)。
- ・ 開発肥料区輪作2回の 10a 当たり平均収益は、慣行区と比べ麦-稲輪作で 990 円、麦-大豆輪作で 1,396 円高く、開発肥料の施用により収益は維持されることが示された(表3)。
- ・ 土壌中可給態窒素量は、慣行区においても2作目に増加が見られたが、開発肥料区では1作ごとに前年度より有意に増加した(図5)。輪作2回後の腐植量は、慣行区では変化なし、または有意に低下したが、開発肥料区では有意に増加した(図6)。これらの結果から、開発肥料の連年施用により地力窒素と有機物蓄積量が増加することが示された。

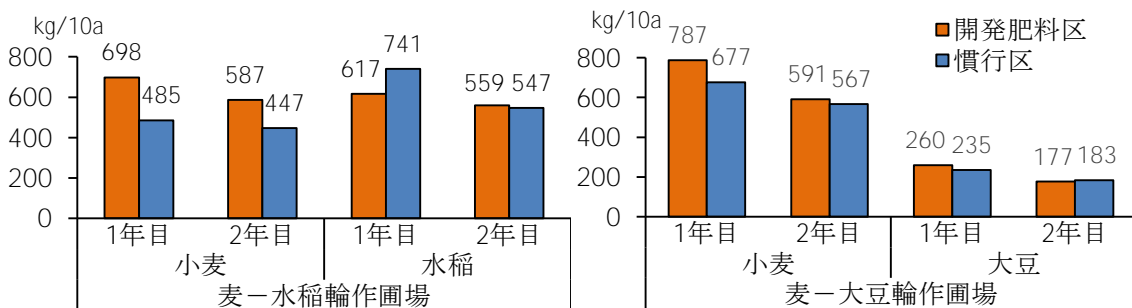


図4 現地輪作圃場の2年間ににおける収量の推移

表3 現地圃場の輪作2回における収益平均値

輪作体系	試験区	肥料価格 円	散布労賃 (フット キスター) 円	小麦 収量 kg	小麦 集荷価格 円	夏作 収量 kg	夏作 集荷価格 円	年間 収入 円
麦-水稲	開発肥料区	21,417	9,775	643	75,282	588	83,046	127,136 (+990)
	慣行化学肥料区	11,260	8,937	466	53,945	644	92,398	126,146
麦-大豆	開発肥料区	18,788	9,496	689	80,730	219	68,755	121,202 (+1,396)
	化学肥料慣行区	8,357	8,937	622	71,325	209	65,766	119,806

注・ () 内は慣行化学肥料区に対する増減。

・ 集荷価格は直接支払交付金と等級別価格を含み、肥料、散布労賃以外のコストは含まない。

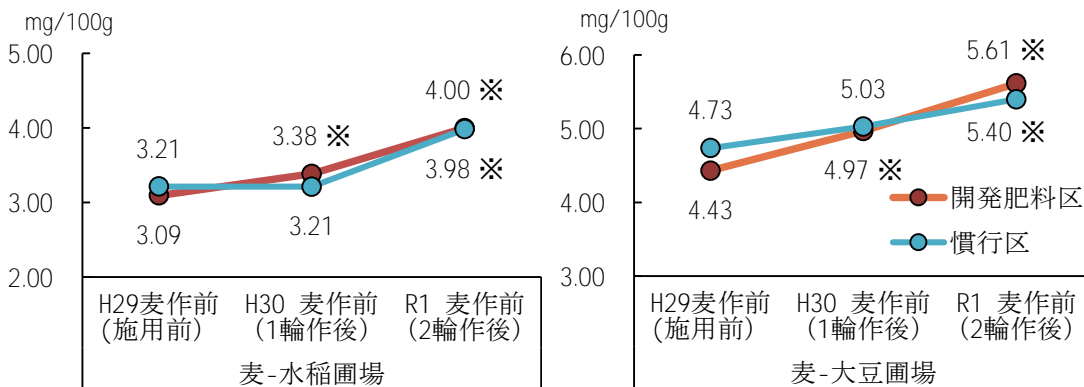


図5 現地輪作圃場の輪作2回における土壌中可給態窒素量の推移

※は前年度に対して有意に増加、 $p < 0.05$ 、t検定

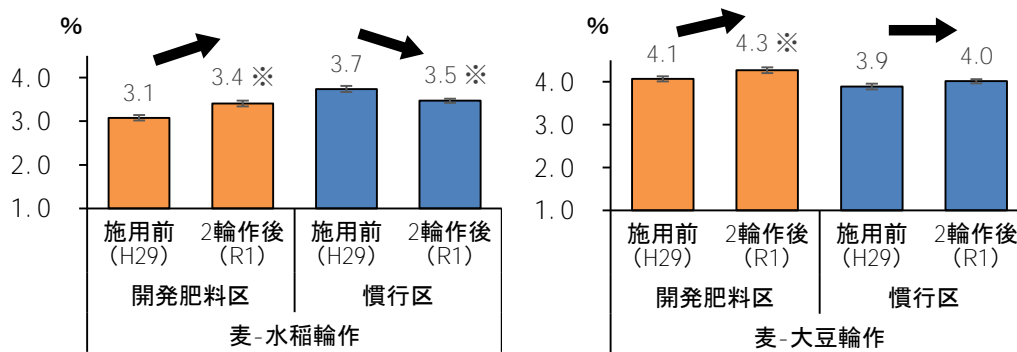


図6 現地輪作圃場の輪作2回後における土壌中腐植量の変化
 ※は施用前に対して有意に増加、 $p < 0.05$ 、t検定

4) 成果活用における留意点

- ・ 速効性窒素量を標準の6kg/10aに対して10kg/10aと多く施用する方法であることから、倒伏に注意し、倒伏の恐れがある圃場では施用を控えるか、または施用量を削減する。
- ・ 開発肥料400kg/10aの施用時間はブロードキャスターで約15分、増槽付きライムソーで約54分であり、化学肥料をブロードキャスターで施用する場合の約3分に比べ5~18倍が必要である。

5) 今後の課題

- ・ 製造する(株)すすき牧場においては原料のストックヤードが無く、「すすき混合433号」の恒常的な量産は困難な状況である。このため、令和2年度の新肥料取締法の施行以降、「すすき混合433号」に相当する新たな規格の肥料を量産する見込みである。

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	204	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(4) 家畜ふん堆肥と肥効調節型肥料による新規肥料の製造とその利用法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	岡山県農林水産総合センター・農業研究所・森次真一・上田直國、畜産研究所・水木剛・白石誠、普及連携部・鷺尾建紀、		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

キャベツ、水稻の全量基肥栽培に利用できる混合堆肥複合肥料を開発する。開発する肥料は緩効的な窒素肥効等を付与するとともに、生産現場の土壌実態に合わせてリン酸低成分とし、家畜ふん堆肥を肥料原料に利用すること等により化学肥料の使用量を削減した省力で低コストな施肥技術を開発する。本研究では、キャベツ、水稻の生育に合う混合堆肥複合肥料の製造方法や窒素肥効、土づくり効果を明らかにするとともに利用方法や施肥コスト低減効果について検討する。

2) 研究方法

2種類の混合堆肥複合肥料等を三興株式会社と共同で開発した。キャベツ用肥料は肥効調節型肥料を混合した混合堆肥複合肥料、水稻用肥料は混合堆肥複合肥料と被覆尿素をバルクブレンド（以下、BB）した肥料を開発目標とした。各肥料の開発に当たり、原料設計及び製造条件を検討するとともに、実規模条件における肥料製品の堆積試験により長期保存性を評価した。また、農業研究所圃場において、開発肥料を供試して年内どりキャベツ栽培及び水稻栽培試験等を実施し施用効果を把握するとともに、混合堆肥複合肥料の土づくり効果を明らかにするために圃場埋設試験を実施し肥料の炭素残存率を調査した。さらに、開発した肥料の実用性を評価するために現地での栽培実証試験並びに施肥コスト低減効果を試算した。以下に、研究内容と方法について概略を述べる。

【キャベツ用混合堆肥複合肥料に関する研究内容と方法】

(1) 混合堆肥複合肥料の開発

①原料に適する肥効調節型肥料の選定と製造条件の検討

造粒時の高温条件や肥料pHが肥効調節型肥料の窒素無機化速度に及ぼす影響につい

て検討した。年内どり作型のキャベツの生育に合致し、かつ混合堆肥複合肥料の原料として適性がある肥効調節型肥料を選定した。

②新規肥料の製造と品質評価

ローラーリングダイ方式の押出造粒機で直径5mmのペレット状の混合堆肥複合肥料を製造し、物性や化学性、窒素無機化特性等を調査した。また、開発肥料の長期保存性を明らかにするためにペレット積みによる実規模の堆積試験を2年間実施した。さらに、長期保存時にアンモニアガスの発生を抑えるための製造条件についても検討した。

(2)混合堆肥複合肥料の施用効果の把握

開発肥料の施用効果を明らかにするために、農業研究所圃場において全量基肥栽培試験を実施した。いずれも年内どり作型のキャベツ及びハクサイを対象作物として、5か年同一圃場で栽培試験を実施し、作物の生育、収量及び土壌化学性等を調査した。比較対照として、高度化成あるいは有機化成を分施した区や栽培指針に準拠して堆肥と土づくり肥料を施用する区等を設置した。また、混合堆肥複合肥料の土づくり効果を把握するため、ガラス繊維ろ紙を用いた肥料及び堆肥の圃場埋設試験を実施した。

(3)開発肥料による現地栽培実証

開発肥料の実用性を評価するために、生産現地において年内どりキャベツの栽培実証試験を実施し、現地慣行による分施栽培を対照として生育、収量を比較した。

(4)開発肥料の施肥コスト低減効果の試算

肥料の実勢価格を基に生産物1t当たりの施肥関連コストを試算した。

【水稲用混合堆肥複合肥料に関する研究内容と方法】

(1)混合堆肥複合肥料の開発

被覆尿素とのBB適性及び側条施肥田植機での散布適性を考慮し、直径2.5mmのペレット状に歩留まり良く成形できる原料設計について検討した。ローラーリングダイ方式の押出造粒機で製造し、物性や化学性、窒素無機化特性等を調査した。また、開発肥料の長期保存性を明らかにするためにペレット積みによる実規模の堆積試験を2年間実施した。さらに、被覆尿素とのBBに適する混合堆肥複合肥料の水分条件を検討した。

(2)混合堆肥複合肥料の施用効果の把握

開発肥料の施用効果を明らかにするために、農業研究所圃場において水稲の全量基肥栽培試験を実施し、生育、収量及び品質を調査した。比較対照として、被覆複合肥料あるいは有機化成を施肥した区を設置した。

(3)開発肥料による現地栽培実証

開発肥料の実用性を評価するために、生産現地において水稲の栽培実証試験を実施し、現地慣行の被覆複合肥料による栽培を対照として生育、収量等を比較した。また、側条施肥田植機による施肥適性についても検討した。

(4)開発肥料の施肥コスト低減効果の試算

全農渡し価格を基に精玄米60kg当たりの施肥関連コストを試算した。

3) 研究結果

年内どりのキャベツ及びハクサイの全量基肥栽培に適用できる混合堆肥複合肥料並びに水稲の全量基肥栽培に適用できる混合堆肥複合肥料と被覆尿素のバルクブレンド肥料を開発した。これらの開発肥料の製造条件や長期保存性を明らかにするとともに開発肥料の施用効果や実用性、施肥コスト低減効果を明らかにした。また、開発肥料は土壌実態に合わせていずれもリン酸を低成分にしており、慣行栽培に比べて化学肥料の使用量

が削減された。以下に、結果の概要を述べる。

【キャベツ用混合堆肥複合肥料に関する研究結果】

(1) 混合堆肥複合肥料の開発

① 肥料原料に適する肥効調節型肥料の選定と製造条件の検討

- ・造粒適性及びキャベツの生育に合う肥効調節型肥料としてハイパーCDUを選定した。その他の原料は、土壌実態に合わせ、有機物供給源として牛ふん主体の畜種混合堆肥、不足気味な養分補給を目的として硫マグ及びホウ砂、安価なPK源として鶏ふん燃焼灰を選定した。

② 新規肥料の製造と品質評価

- ・上記資材を原料とした混合堆肥複合肥料（ハイパーCDU入り混合堆肥複合肥料，保証成分N10-P3-K7-Mg1-B0.05，生第102424号）を開発した（写真1、表1）。
- ・開発肥料の窒素無機化特性を調査した結果、緩効的な窒素肥効を示した。
- ・肥料水分が約10%の開発肥料を長期保存した結果、保存期間中に肥料袋内のアンモニアガス濃度が大幅に上昇した（図1）。アンモニアガスを低濃度に抑える条件を検討した結果、低水分化によりアンモニアガス発生を抑制できた（図2）。

(2) 混合堆肥複合肥料の施用効果の把握

- ・開発肥料を用いた年内どりキャベツの全量基肥栽培は、栽培指針に準拠した分施栽培と同等の生育、収量を示した（図3）。また、年内どりハクサイに対しても全量基肥用肥料として利用でき、高度化成あるいは有機化成の分施栽培と同等以上の収量を示した（図4）。
- ・土壌化学性における開発肥料の連用効果を調査した結果、苦土、ホウ素等の肥沃度向上効果がみられた（表2）。
- ・開発肥料の圃場埋設試験による炭素残存率調査結果から、土づくり効果を試算した。キャベツ栽培の標準的な施肥量（250kg/10a）を施用した場合、開発肥料の有機物供給効果は、牛ふん堆肥換算で約300kg相当量と試算された（図5）。

(3) 開発肥料による現地栽培実証

- ・年内どりキャベツの生産現地において栽培実証試験を実施した結果、開発肥料による全量基肥栽培は現地慣行による分施栽培と同等の収量を示し、実用性を認めた。
- ・生産現地では、土壌中のリン酸が過剰な一方で、有機物、苦土、ホウ素の投入量が不十分なほ場が多く、土壌改良が必要である。また、年内どり栽培の追肥は台風等による降水量が多い9月に行われるため肥効の安定化や追肥作業の省略が求められる。開発肥料の施用により施肥作業の省力化と土壌改善の一助になることが期待される。

(4) 開発肥料の施肥コスト低減効果の試算

生産物1t当たりの施肥コストを試算した結果、

- ・開発肥料を用いたキャベツの全量基肥栽培は、栽培指針に準拠した慣行栽培（堆肥＋土づくり肥料＋高度化成の分施）と比べて、787円（18%）のコスト低減効果がみられた（図6）。
- ・開発肥料を用いたハクサイの全量基肥栽培は、有機化成による分施栽培に比べて378円（11%）のコスト低減効果がみられた。一方、高度化成による分施栽培と比べて954円（47%）の施肥コストが増加した（図7）。



写真1 キャベツ用開発肥料
(ハイパーCDU入り混合堆肥複合肥料)

表1 開発肥料の造粒歩留及び品質等

	造粒歩留 (%)	水分 (%)	硬度 (kgf)	嵩比重 (kg/L)
開発肥料	95	4.4	10以上	0.74

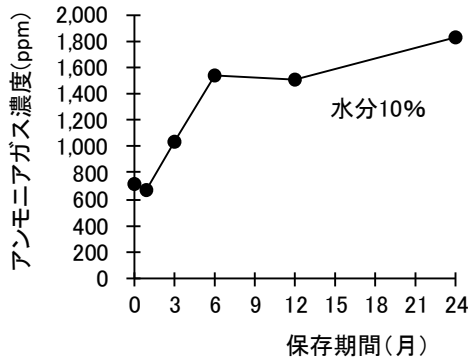


図1 開発肥料(水分10%)の保存期間中のアンモニアガス濃度の推移

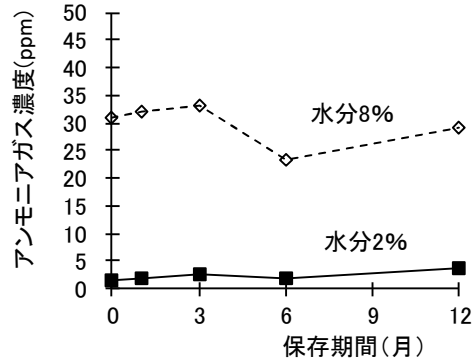


図2 開発肥料の低水分化によるアンモニアガスの抑制効果

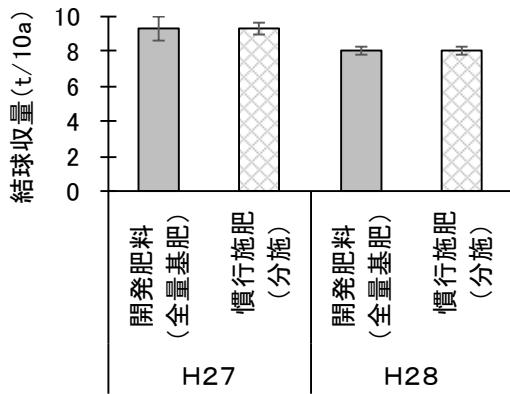


図3 開発肥料を用いたキャベツの全量基肥栽培の収量性

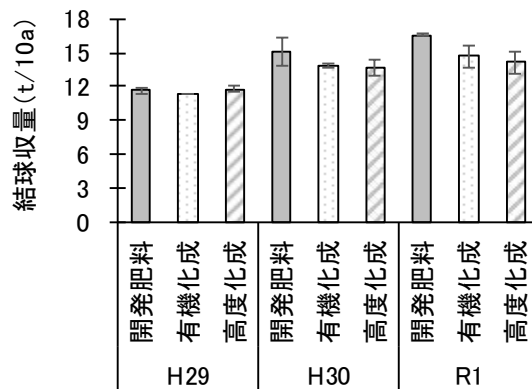


図4 開発肥料を用いたハクサイの全量基肥栽培の収量性

表2 開発肥料の連用^zが土壌化学性に及ぼす影響

試験区名	pH (H ₂ O)	腐植 (%)	全窒素 (%)	可給態 窒素 (mg /100g)	交換性塩基 (mg/100g)			熱水抽出 ホウ素 (ppm)
					石灰	苦土	加里	
開発肥料	5.9	2.3	0.12 b	3.6 b	169	16 b	25	0.7 b
有機化成	5.5	2.1	0.11ab	3.5ab	154	12a	24	0.2a
高度化成	5.4	2.1	0.11a	2.9a	152	11a	24	0.2a
分散分析 ^y			*	*		**		**

^z キャベツ2作(250kg/10a×2)及びハクサイ2作(280kg/10a×2)計4作後の栽培跡地

^y 分散分析: “**”は1%水準、“*”は5%水準で有意差あり

表中の異なる英文字間に5%水準で有意差あり(Tukeyの多重比較)

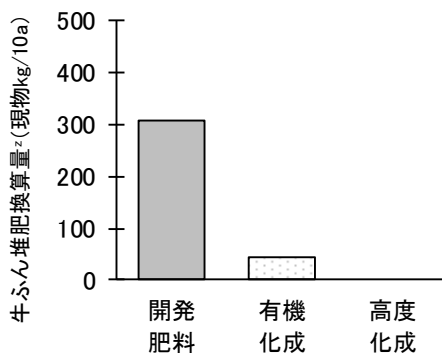


図5 開発肥料の有機物供給効果

※全て窒素施肥量25kg/10aの場合

^z 岡山県下の牛ふん堆肥の炭素含量の平均値を基に試算

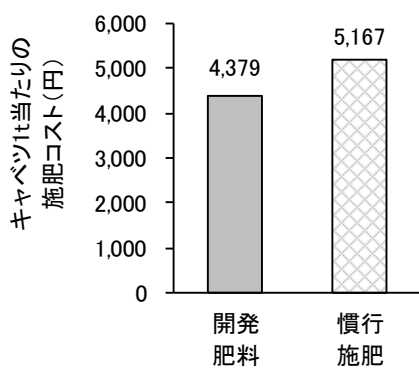


図6 開発肥料の施肥コスト①

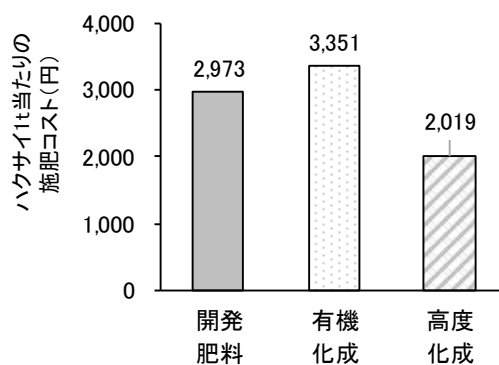


図7 開発肥料の施肥コスト②

【水稲用混合堆肥複合肥料に関する研究結果】

(1) 混合堆肥複合肥料の開発

- ・直径2.5mm径の混合堆肥複合肥料はこれまで生産事例がなく、造粒歩留と良好な成形具合を確保することに労力を要した。結果として、原料堆肥の混合割合を約3割程度に抑え、ひまし油粕を少量混合することで、BB用の混合堆肥複合肥料の製品化が可能であった(表3)。混合堆肥複合肥料(以下、ネタペレ, 混合堆肥複合肥料9.2-3.9-15.8号, 保証成分N9.2-P3.9-K15.8, 生第103291号)と被覆尿素をBBし、開発肥料とした(写真2、エコペレ水稲中生一発221, 保証成分N20-P2-K10)。
- ・パレット積みの堆積試験を2年間継続し開発肥料の長期保存性を評価した結果、保存期間を通じて品質は低下せず、長期保存性に問題は認められなかった。
- ・肥料袋での保存期間中に被覆尿素的吸湿を防止するための混合堆肥複合肥料の水分条件は、水分活性を指標として0.6以下が適正範囲であった。

(2) 混合堆肥複合肥料の施用効果の把握

- ・開発肥料による全量基肥栽培は、被覆複合肥料あるいは有機化成による栽培と同等の収量を示した(図8のH, I)。ネタペレ(混合堆肥複合肥料)の窒素無機化パターンを推定した結果、移植期から分けつ期にかけて無機化が進行するため、ネタペレは水稲の生育前半における窒素肥効が期待でき、後半の生育に適する溶出特性を有する被覆尿素をBBすることにより全量基肥用肥料として利用できると考えられた。
- ・開発肥料は、横溝ロール方式の側条施肥機により設定量を施肥できた(表4のH, I)。また、施肥ホッパーの詰まりや水稲の生育ムラもなく精度よく施肥できた。

(3) 開発肥料による現地栽培実証

- ・生産現地において栽培実証試験を実施した結果、開発肥料による水稲の全量基肥栽培は、現地で慣行的に利用されている被覆複合肥料と概ね同等の収量、品質を示した(図8のA~G)。
- ・目皿ロール方式の側条施肥機により設定量を施肥できた(表4のA, B)。また、施肥ホッパーの詰まりや水稲の生育ムラもなく精度よく施肥できた。開発肥料は、水稲の全量基肥用肥料として実用性が認められた。

(4) 開発肥料の施肥コスト低減効果の試算

- ・開発肥料を用いた水稲の全量基肥栽培は、被覆複合肥料による全量基肥栽培と比べて12%(8事例平均)のコスト低減効果がみられた。また、有機化成による分施栽培と比べて56%(1事例)のコスト低減効果がみられた。

表3 BB用の混合堆肥複合肥料の造粒歩留及び品質等

	造粒歩留 (%)	水分 (%)	硬度 (kgf)	嵩比重 (kg/L)	安息角 (°)
開発した BB用の混合堆肥複合肥料	79	1.4	5.9	0.80	36



写真2 水稲用開発肥料

(エコペレ水稲中生一発 221)

表4 側条施肥田植機による開発肥料の散布精度

試験地	肥料の 繰出方式	供試肥料	施肥量(kg/10a)		繰出精度 ² (%)
			設定	実測	
A	目皿	開発肥料	45.0	43.5	97
	ロール式	被覆肥料	60.0	58.7	98
B	目皿	開発肥料	50.0	48.2	96
	ロール式	被覆肥料	50.0	47.0	94
H	横溝	開発肥料	40.0	41.2	103
	ロール式	被覆肥料	53.3	52.7	99
I	横溝	開発肥料	40.0	40.8	102
	ロール式	有機化成	41.7	39.9	96

² 実測施肥量/設定施肥量 × 100

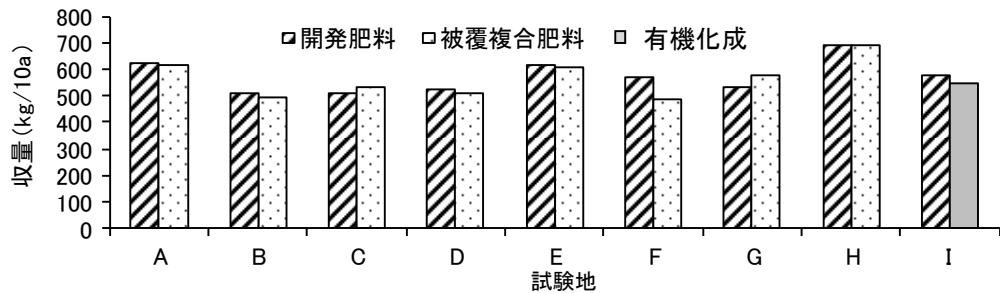


図8 開発肥料を用いた全量基肥栽培による水稲の収量性

4) 成果活用における留意点

- 上記の研究結果は、いずれもローラーリングダイ方式の押出造粒機で得られた結果である。また、混合堆肥複合肥料の原料に用いた牛ふん主体の畜種混合堆肥は、予め5mmの篩を通した堆肥である。
- 開発肥料はいずれもリン酸が低成分であるため、キャベツ用肥料は可給態リン酸が75mg/100g以上、水稲用肥料は同じく20mg/100g以上の圃場で施用する。
- 水稲用の混合堆肥複合肥料は、品種特性に合う被覆尿素とバルクブレンドして利用する。

5) 今後の課題

- 混合堆肥複合肥料の普及拡大のための施用効果等のPR
- 局所施用等の効果的な施用方法の検討
- 肥料取締法の改正により今後施行される予定の家畜ふん堆肥と化学肥料等を混合した新規規格肥料との差別化

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	205	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(5) 牛ふん堆肥をベースとした混合堆肥複合肥料の製造とその利用法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	静岡県農林技術研究所・栄養・機能性科・中村明弘・福島務・若澤秀幸		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

県内生産堆肥の大半を占める牛ふん堆肥をベースとした混合堆肥複合肥料を開発し、施肥と土づくりに要するコストの削減や農耕地土壌における腐植の低下抑制を目指す。平成31年度はマニュアル完成に向けて、開発肥料2種類を用いた栽培試験による生育、土壌化学性への効果と、製造工程の違いによる肥料保管中の品質変化について、データの収集、解析を進める。

2) 研究方法

1) 牛ふん堆肥をベースとした混合堆肥複合肥料製造法の開発

- (1) 原料堆肥条件に合う牛ふん堆肥を選定し、短期葉物用、一般野菜用として最適な配合、製造条件を明らかにする。
 - (ア) 製造効率、保管性に優れた製造工程を確立するため、異なる配合原料、水分、乾燥条件において製造した場合の肥料品質、製造効率、保管性について明らかにする。
 - (イ) 対象作物に対して適切な肥効を発現する配合原料を決定するため、異なる配合組成で試作した肥料について、窒素無機化の状況を明らかにする。

2) 開発肥料の利用技術の開発

- (1) 「静岡混合堆肥複合肥料523」（窒素：りん酸：加里＝5：2：3%、以下開発肥料523）を用いた短期葉物野菜栽培における生育、土壌化学性への効果を明らかにする。
 - (ア) 所内無加温ガラス室（中粒質普通灰色低地土および細粒質台地黄色土）において、チンゲンサイへの連用試験を3年間実施。対照は地域慣行で使用されている有機複合肥料。1作当たり窒素7～12g/m²を施用し、収量、土壌化学性を調査。
 - (イ) チンゲンサイ生産者のビニルハウス2か所ので1年間連用。堆肥無施用ほ場（細粒

- 質グライ化灰色低地土) および堆肥連用ほ場 (中粒質普通灰色低地土) において、生産者慣行施肥を対照として、収量、土壌化学性と施肥コストを調査。
- (ウ) (ア)と同じほ場において、不織布バックに土壌と対照堆肥 (原料堆肥、新潟県提供の基準堆肥) および所内栽培試験で使用した肥料を封入し、栽培中の畝に埋設して全炭素、全窒素残存量を調査。
- (2) 「静岡混合堆肥複合肥料725」 (以下開発肥料725) を用いた一般野菜における生育、土壌化学性への効果を明らかにする。
- (ア) 所内ほ場 (中粒質普通灰色低地土) において、冬採りレタス栽培 (12月～3月収穫) で実施。地域慣行施肥を対照として、生育、土壌化学性を調査。
- (イ) レタス生産者ほ場4か所 (中粒質湿性低地水田土) で実施。11月中旬 (試験地A、B)、12月中旬 (試験地C)、1月中旬 (試験地D) 定植の各ほ場において収量、土壌化学性と施肥コストを調査。

3) 研究結果

1) 牛ふん堆肥をベースとした混合堆肥複合肥料製造法の開発

- 配合原料に尿素、鶏ふんを用いると、配合後のpHが上昇してアンモニアガスが高濃度で発生した。窒素源として硫安を用いること、または成形後に水分10%以下に乾燥することで、ガスの発生を抑えることができた (表1)

表1 配合原料、水分とアンモニアガスの発生

処理区	配合後pH 現物1:10	アンモニアガス濃度 (ppm)		
		無乾燥	水分12~16%	水分10%以下
牛ふん堆肥+尿素21%	7.8	130	40	6
牛ふん堆肥+硫安30%	7.1	14	4	2
牛ふん堆肥+鶏ふん+硫安30%	7.3	135	35	3
牛ふん堆肥+鶏ふん+尿素21%	8.3	450	120	2

- 成形後の篩上歩留率は、化成肥料の割合を増やすと低下した。開発肥料523では原料約20kgの成形時間は、配合後の水分が30%程度の時に最も成形にかかる時間が短かったが、水分が増加するに従って篩上歩留率は低下した (図1)。
- 工場製造ラインでの連続生産に適した配合後の水分は、開発肥料523は少量生産と同様の傾向であったが、開発肥料725は水分20~26%とやや乾燥した条件の方が安定して生産できた (図2)。

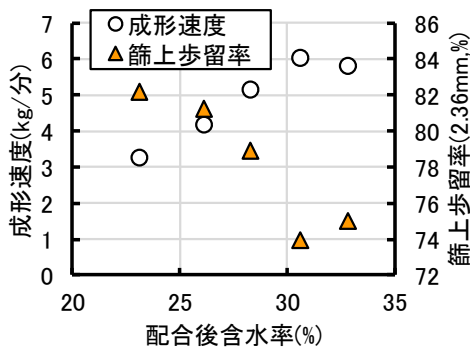


図1 原料配合後の含水率がペレットの成形におよぼす影響
※成形速度: 開発肥料523 (使用原料20kg) における時間当たり成形量

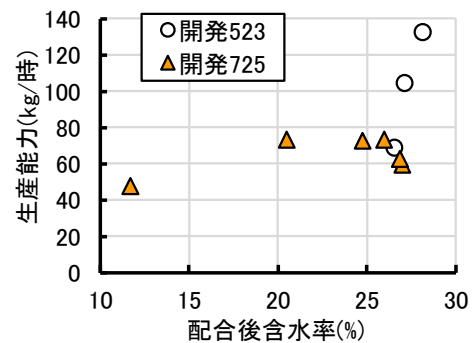


図2 原料配合後の含水率が肥料生産に及ぼす影響
※生産能力: 実際の工場生産ラインを流して、成形・乾燥できた時間当たり製造量

- ・開発肥料523、725はいずれも対照肥料より培養4週間後の無機化率が低く、緩効的な性質を示した。

2) 開発肥料の利用技術の開発

- ・チンゲンサイ所内試験において、開発肥料523は対照肥料と同等の収量が得られた。養分吸収量は窒素、リン酸は施肥量と同程度、カリは施肥量以上を吸収した。
- ・開発肥料523による腐植とCECに対する効果は認められなかったが、土壌pHの低下を抑制した(図3)。
- ・チンゲンサイ現地試験において、堆肥無施用ほ場では開発区と慣行区は窒素同量施肥で、堆肥連用ほ場では地温の低い時期(10月～5月)に開発区の窒素施肥量を2割程度増やすことで、収量が同等に得られた(図4)。

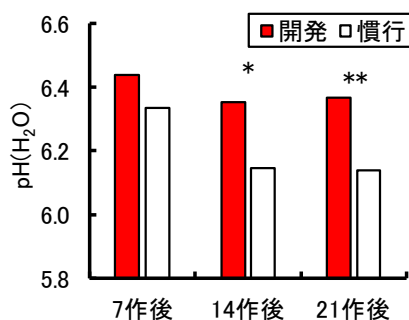


図3 栽培後の土壌pH(所内試験、黄色土)
※図中*、**は分散分析により5、1%水準で有意差有り

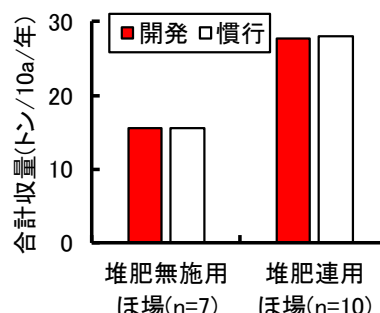


図4 年間収量(現地試験)

- ・開発肥料523を1作当たり窒素11～13kg/10a施用することで、年10作で2.3トン/10a相当の牛ふん堆肥が投入できた。土壌硬度は牛ふん堆肥を施用する慣行区と同程度に維持でき、可給態リン酸、交換性カリの蓄積を抑えられた(図5、表2)。

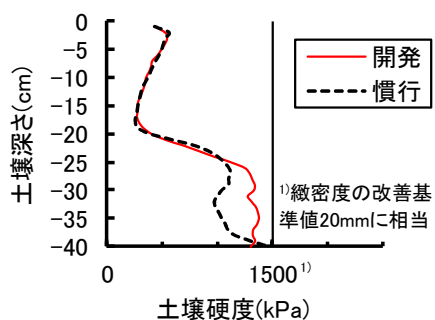


図5 土壌硬度への影響(堆肥連用ほ場)

表2 試験前と10作栽培後の土壌化学性 (堆肥連用ほ場)

処理区	腐植 %		可給態P ₂ O ₅ mg/乾土100g		交換性K ₂ O	
	前	後	前	後	前	後
開発	4.9	5.4	171	170	26	30
慣行	4.7	5.9	170	196	23	48
基準 ¹⁾	>5		20-80		15-50	

¹⁾施設内土壌 灰色低地土(静岡県土壌肥料ハンドブック)

- ・堆肥無施用ほ場では、施肥量が増えるため労賃が高くなるが、堆肥連用ほ場では堆肥施用時間が大幅に短縮できるので、肥料費、労賃を含む施肥コストはほぼ同等となった(図6)。

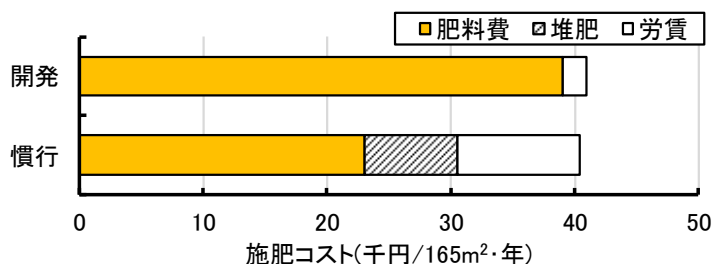


図6 施肥コストへの影響(堆肥連用ほ場)

- ・開発肥料725はレタス用市販配合肥料より窒素の肥効が緩効的で、レタス10月下旬定植では、栽培前土壌の無機態窒素が少ない土壌では初期生育が劣る傾向であったが、多い土壌では対照と同程度以上の収量が得られた。
- ・レタス現地試験では、11月中旬定植のほ場は試験前の無機態窒素が低いほ場の方が調整重は小さい傾向で、無機態窒素と収量の関係は所内試験と同様の傾向であった。12月中旬以降に定植したほ場は開発区の方が調整重が大きい傾向であった（表3、図7）。

表3 試験前の土壌化学性
(現地試験)

試験地	EC mS/cm	無機態窒素 mg/100g
A	0.23	7.2
B	0.05	1.0
C	0.08	1.0
D	0.05	0.9

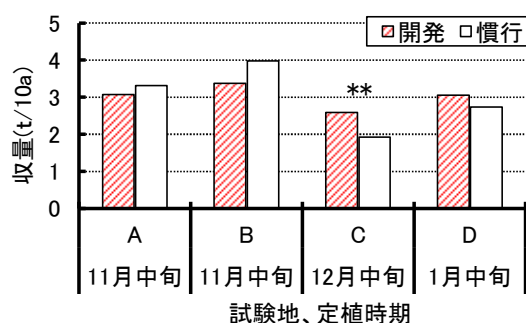


図7 収量への影響

※図中**は分散分析により1%水準で有意差有り

- ・高度化成肥料の代わりに開発肥料725を施用する施肥設計であったことから、牛ふん堆肥相当量100kg/10a以上を施用でき、土壌pHの低下を抑える効果が認められた（図8）。
- ・開発肥料725を施用した場合、生産者慣行施肥より施肥重量が多くなるため施肥コストは10%程度高くなった（表4）。

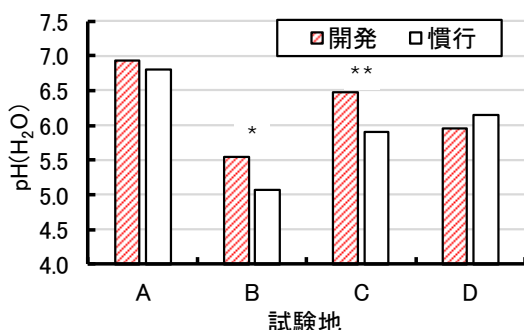


図8 栽培後の土壌pH

※図中*, **は分散分析により5.1%水準で有意差有り

表4 施肥コストへの影響

試験地	処理区	施用重量 kg/10a	肥料費 千円/10a	散布労賃 千円/10a
A	開発	960	53.3	70.2
	慣行	810	43.4	59.2
B	開発	747	52.6	69.9
	慣行	648	49.2	59.2
C	開発	1085	50.6	79.3
	慣行	975	48.0	71.3
D	開発	939	45.5	71.5
	慣行	845	41.7	64.7

4) 成果活用における留意点

- ・配合原料の種類、化成肥料の割合などによって成形に適する水分条件が異なるので、製造にあたって検討する必要がある。
- ・開発した混合堆肥複合肥料は牛ふん堆肥の配合割合が多いので、施用後の窒素肥効が緩効性である。無機態窒素が少ない土壌、地温が低い作型では、初期の生育が遅れる場合があるので、施肥から定植までの期間を十分開けること、窒素施肥量を2割程度増やすことなどの対策をとることで、慣行と同等の収量が得られる。

5) 今後の課題

- ・ハネギ、コマツナなど施肥後に直接播種する作目では発芽率が低い場合があるので、播種までの期間がどの程度必要か、検討する必要がある。

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	206	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(6) 養分バランスを考慮した牛ふん堆肥の適正施用技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	神奈川県農業技術センター・生産環境部土壌環境研究課 上山紀代美,竹本稔,山崎聡,曾我綾香,井上弦,木田仁廣,小池肇 子		

II 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

牛ふん堆肥と他の有機質資材とを組み合わせた混合堆肥複合肥料の製造利用による化学肥料の減肥技術を確立のため、本課題では、以下の事項を実施する。

①牛ふん堆肥と他の有機質資材とを組み合わせた混合堆肥複合肥料の製造方法を明らかにする。②圃場施用試験や保管試験等により開発肥料(206)の製品特性を明らかにする。③混合堆肥複合肥料の原料堆肥の造粒適性評価方法を明らかにする。

2) 研究方法

(1) 牛ふん堆肥配合混合堆肥複合肥料(開発肥料)の製造技術の開発

(ア) 牛ふん堆肥を配合した混合堆肥複合肥料を8種試作して、嵩比重、硬度等の評価、ポット試験により窒素、リン酸肥効を評価し、そのうち1種を選定し肥料登録を行った。また、登録した肥料銘柄の実用規模レベルでの製造試験を実施した。

(2) 開発肥料での圃場栽培試験

(ア) 所内圃場において、開発肥料のハウレンソウ等による圃場連用試験による肥効、土づくり効果等を検討した。

(イ) 所内圃場において、レタス、スイートコーン、ダイコン等、各種作物での開発肥料の施用試験を実施した

(ウ) リーフレタス、コマツナ(ハウス栽培)で開発肥料の現地実証試験を実施した。

(3) 開発肥料の製品特性の検討

(ア) 混合堆肥複合肥料分解特性の検討(埋設試験)

ガラス繊維ろ紙埋設法により、圃場での開発肥料の分解状況を調査した。埋設期間は、1, 3, 6, 12, 18, 24, 30, 36か月後を設定し、対照として市販有機化成肥料、原料牛ふん堆肥、プロジェクト共通試料(もみ殻牛ふん堆肥)を供試した。

(イ) 製品保管試験

袋づめ開発肥料（20kg袋）をパレット3段積みで保管し、定期的に最下層の袋の内容物の製品物性、成分等を調査した。試験は、製造後、半年ごと、2年経過時まで実施した。

（４）各種牛ふん堆肥の混合堆肥複合肥料原料適性の検討

（ア）原料堆肥の現場に適した含水率調整法の検討

混合堆肥複合肥料の工場での製造に際しては、原料水分が高い場合、工場ラインでの搬送や造粒段階での影響が懸念される。今回の実用規模での製造試験では、機器への付着や負荷の面を考慮し、堆肥含水率35%で実機試験を実施したのに対し、酪農家で生産される原料堆肥は、含水率が約60%程度であったため、効率的に含水率を低下させる方法の検討が必要となった。このため、効率的な堆肥の含水率低減方法を検討した。

- 1 80L容の試験堆肥化装置で通気量、添加資材を変化させ、水分変化を調査した。
- 2 上記試験により選定した条件を2m³規模の条件で実証した。

（イ）各種牛ふん堆肥の混合堆肥複合肥料原料（造粒）適性評価指標の検討

混合堆肥複合肥料では造粒することが必須となるが、牛ふんは水分が高いため、おが屑やもみ殻等の水分調整材と混合して堆肥化が行われる。このため、その物性も様々であり、造粒作業への影響が懸念される。このため、各種熟度、各種副資材混合の堆肥を製造し、開発肥料の製造条件で造粒試験をおこなうことで、原料堆肥の物性の造粒への影響を評価した。

3) 研究結果

（１）牛ふん堆肥配合混合堆肥複合肥料の製造技術の開発

（ア）8種の混合堆肥複合肥料を試作して、その物性を検討した結果、試作品の嵩比重、硬度などは、適正な範囲であった。また、試作品の窒素肥効（コマツナ生育量（2作合計））、リン酸肥効（リン酸吸収量）をポット試験により明らかにした。

（イ）以上のことから、混合堆肥複合肥料1銘柄を登録した（登録番号 生101895 平成28年2月25日 堆肥・有機入り複合肥料644号）。

（ウ）牛ふん堆肥を配合した混合堆肥複合肥料登録銘柄（以下、開発肥料）の実用規模レベルでの製造試験を実施し、これらのデータより実用規模での牛ふん堆肥配合の混合堆肥複合肥料製造方法の最適条件を明らかにした（図1）。

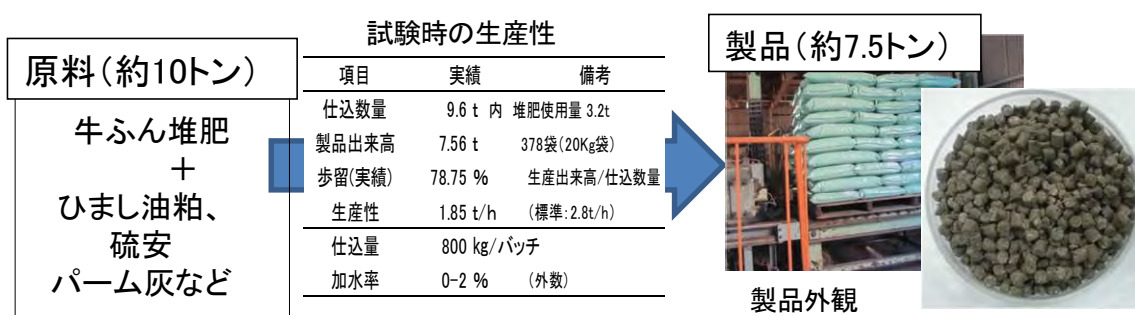


図1 実用規模レベルでの製造試験の概要

（２）開発肥料での圃場栽培試験

（ア）開発肥料の圃場連用試験による肥効、土づくり効果の検討

ア）試験区構成及び施肥設計は以下の表に示した通り。1年目は、神奈川県施肥基準

の窒素施用量で統一し、化学肥料区のリン酸及びカリ施用量は混合堆肥複合肥料区と一致させたが、2年目は、カリ施用量も神奈川県施肥基準の施用量基準と一致させた。また、④の堆肥(牛ふん堆肥)は各年1作目栽培前のみ施用した(表1)。

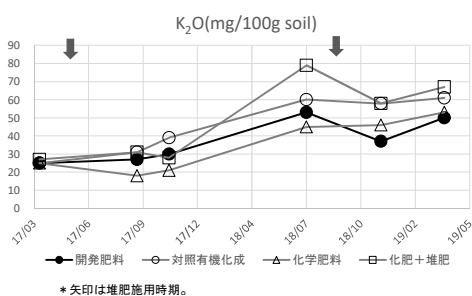
表1 試験区構成及び施肥設計

	2017年									2018年								
	N			P ₂ O ₅			K ₂ O			N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	資材 由来	硫安	計	資材 由来	重焼 リン	計	資材 由来	硫酸 カリ	計	資材 由来	硫安	計	資材 由来	重焼 リン	計	資材 由来	硫酸 カリ	計
① 開発肥料	15	0	15	10	0	10	10	0	10	15	0	15	10	0	10	10	5	15
② 対照有機化成肥料	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15	15	0	15
③ 化学肥料	0	15	15	0	10	10	0	10	10	0	15	15	0	10	10	0	15	15
④ 化学肥料+堆肥	0	15	15	0	10	10	0	10	10	0	15	15	0	10	10	0	15	15
⑤ 無窒素	0	0	0	0	10	10	0	10	10	0	0	0	0	10	10	0	15	15

*堆肥(牛ふん堆肥)中の成分については、肥料成分としては計算に含まない。

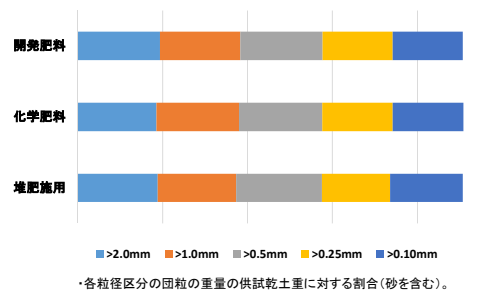
イ) 作物収量は作によって変動が大きかったが、開発肥料区は概ね化学肥料区と化学肥料+堆肥区の間程度であった。この時の土壤中のカリ含量の推移は、全体的に増加傾向にあったが、開発肥料区では化学肥料+堆肥区より増加は抑えられる傾向にあった(図2)。

ウ) 土壌の物理性に及ぼす影響として、土壌三相分布、保水性(pF1.8及び2.7における水分量)、耐水性団粒分布を調査したが、開発肥料区と化学肥料区及び堆肥施用区との間に明確な差異は認められなかった。さらに連用を続けて効果を確認する必要があると考えられる(図3)。



*矢印は堆肥施用時期。

図2 土壌中のカリ含量の推移



*各粒径区分の団粒の重量の供試乾土量に対する割合(砂を含む)。

図3 土壌団粒百分率(%)

(イ) 各種作物での開発肥料の施用試験

ア) レタス、スイートコーン、ダイコン等で栽培試験を実施した結果、収量は、すべての作物で化学肥料区と比べ、開発肥料区で同等～高い傾向を示した(図4)。

イ) 栽培後土壌(4作連用後)で土壌理化学性を調査したところ、pH、石灰、苦土は、化学肥料区と比べ、開発肥料区で高い傾向にあった。また、80°C16時間熱水抽出TOC(可給態窒素)も化学肥料区に比べ高い傾向にあったが、全炭素含量は違いは認められなかった(表未掲載)。

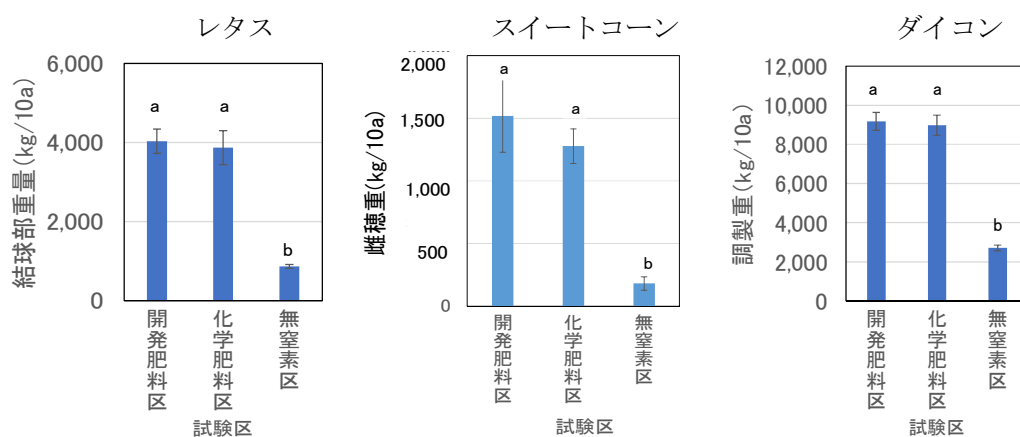


図4 各作物栽培時の収量

(ウ) 開発肥料の現地実証試験 (リーフレタス、コマツナ (ハウス))

ア) 横須賀市農家圃場で2018年に秋作、冬作 (各2品種)、2019年に秋作 (1品種) でリーフレタスでの現地栽培試験を実施したところ、開発肥料区で対照とした農家慣行区と同等程度の良好な生育が認められた (図5)。

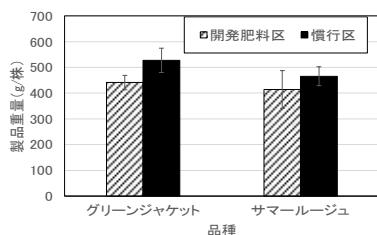
施用肥料量一覧 (kg/10a)

開発肥料区			慣行区		
	重量	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O		重量	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
開発肥料 (※1)	305	18.3-12.2-12.2	複合肥料743 (有機100%) (※2)	80	5.6-3.2-2.4
過リン酸石灰	35	0.0-6.1-0.0	発酵鶏糞 (ペレット)	150	3.4-5.4-3.9
			高度化成肥料 (14-14-14)	60	8.4-8.4-8.4
			濃縮堆肥資材 (ペレット)	50	1.0-1.4-1.0
パーム灰	15	0.0-0.3-4.5	パーム灰	15	0.0-0.3-4.5
粒状苦土石灰	50	---	粒状苦土石灰	50	---
硫酸マグネシウム+微量元素配合肥料	50	---	硫酸マグネシウム+微量元素配合肥料	50	---
硫酸カルシウム (石こう) 肥料	50	---	硫酸カルシウム (石こう) 肥料	50	---
計 (有機態窒素)		18.3-18.6-16.7 (9.15)	計 (有機態窒素)		18.4-18.7-20.2 (10)

※1 有機態窒素50%配合 牛ふん堆肥配合混合堆肥複合肥料 6-4-4 (ペレット)
 ※2 有機態窒素100%配合 7-4-3 (ペレット)

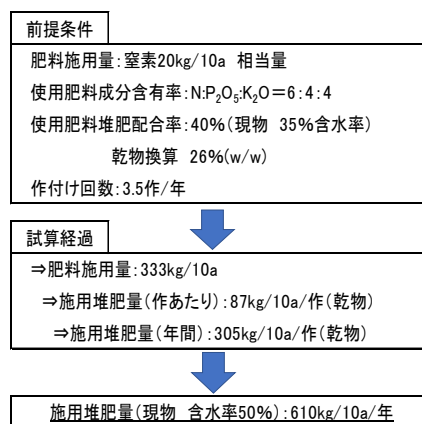


開発肥料区 農家慣行区
(品種: サマールージュ)



リーフレタス収量

図5 開発肥料の現地実証試験 (リーフレタス 2018年秋作) の概要



混合堆肥複合肥料施用時に投入される堆肥量の試算

イ) 秦野市農家圃場でのコマツナ（ハウス）栽培試験では、収量は、慣行区で若干高く、株数が多い傾向にあったが、収量は両区とも良好な生育が認められた（表2）。また、栽培後の土壤理化学性では、リン酸、カリが低下する傾向にあった（表3）。

表2 現地実証試験でのコマツナ収量

試験区	項目	新鮮重 (g/m ²)	株数 (本/m ²)	株重 (g)	SPAD	株長 (cm)
開発肥料区		3,443	238	14	40.5	24.8
慣行区		3,934	268	15	43.0	25.1

表3 現地実証試験での土壤理化学性（栽培後土壌）

試験区名	pH	EC (mS/cm)	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	交換性塩基			CEC (meq/100g)	塩基飽和度			
						CaO	MgO	K ₂ O		CaO	MgO	K ₂ O	合計
開発肥料区	5.4	0.3	3.1	0.2	109	441	57	26	28.3	55.6	10.1	2.0	67.6
慣行区	5.2	0.5	6.4	0.2	118	441	58	37	28.6	54.9	10.1	2.7	67.8

(3) 開発肥料の製品特性の検討

(ア) 混合堆肥複合肥料分解特性の検討（埋設試験）

開発肥料の炭素残存率は、90日で、47%と大きく分解が進行した。後半では、720～900日目での炭素残存率は、28～26%で冬季には大きな進行はないのに対し、540日目（37%）～720日目（28%）と夏季に分解が進行する傾向にあった（図6）。

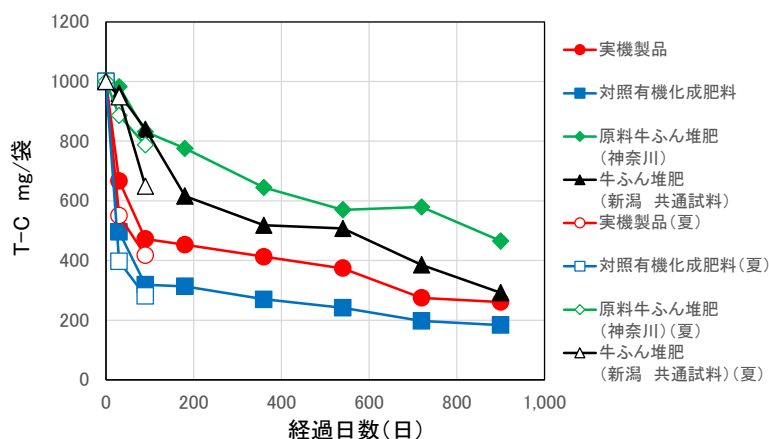


図6 資材埋設時の炭素分解率の変化

(イ) 製品保管試験

開発肥料のパレット積みでの堆積保管試験で、2年間の保管で製品の硬度や成分に変化のないことを確認した(図7)。



20kg袋7袋/段
×10段積み
×3段
底部袋中の
肥料性状変化
を調査

項目	TN	AN	TP	CP	TK	CK	WK	水分	pH	硬度
	(%)							(-)	(-)	(kgf)
保証値	6.0	1.5	4.0	1.5	4.0	2.4	1.7	--	--	(2kgf以上)
製造時	6.6	1.6	4.9	3.1	4.4	4.4	3.9	6.5	7.2	4~9
一年保管	6.5	1.6	5.2	3.2	5.0	4.9	4.3	5.1	7.1	6.09
二年保管	6.6	2.0	5.1	3.1	4.9	4.8	4.4	5.2	7.2	6.54

図7 製品保管試験の概要

(4) 各種牛ふん堆肥の混合堆肥複合肥料原料適性の検討

(ア) 原料堆肥の現場に適した含水率調整法の検討

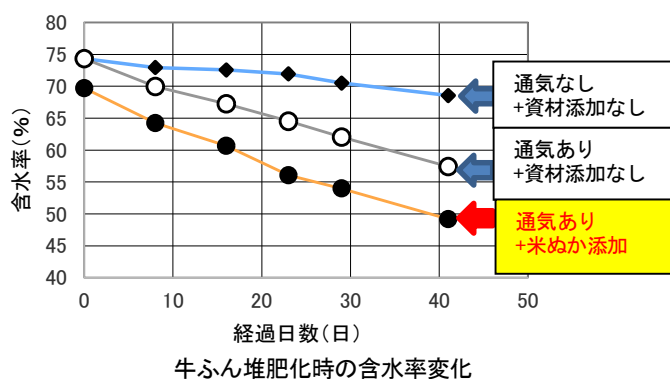
・80L容試験堆肥化装置で各種条件での水分変化を検討した結果、米ぬか等の資材を添加し、7L/min/80L程度の通気を行うことで効率的な水分低下が可能となった。

・上記のモデル試験結果を基に堆肥舎での堆肥水分低減の実証試験を実施した。

ハウス乾燥から排出直後の牛ふん(含水率70%程度の想定)と副資材を混合し、堆肥舎にて約2m³で堆積し、200L/minで通気を行い、適宜、切り返し(1~2週1回)を実施し、その間の堆肥含水率、品温変化を調査したところ、米ぬか添加し、通気を実施した区で良好な水分低下を示した(図8)。



図8 堆肥含水率低減試験の概要



(イ) 各種牛ふん堆肥の混合堆肥複合肥料原料(造粒)適性評価指標の検討

各種熟度、各種副資材混合牛ふん堆肥を80L容通気装置付試験堆肥化装置で製造し、小型造粒試験機での造粒試験の生産効率と最大容水量等との関係を調査した。その結果、乾式ペレット造粒では、副資材や熟度の影響は小さかった。また、原料堆肥の最大容水量や比重の影響も示唆されたが、その影響は、比較的小さく、水分含量が最も重要な要因であり、堆肥水分を総体的に低下させることが重要と考えられた(図9)。

重要度	項目	概要	影響を与える事項
◎	水分 (%)	45以上で難、35以下で易 (*1 *2)	造粒と搬送 (設備内付着など)
○	最大容水量 (g/100g乾物)	300以上で易、200以下で難 (*1 *2)	造粒時の水分調整
○	嵩比重 (g/mL)	0.5以上で易、0.4以下で難 (水分50~60%、有姿での値)	輸送、生産性、製品物性
○	熟度 条件: 通気あり1回/2週切り返し	8週間以上で易	臭気、成分、嵩比重、 最大容水量、粒度
△	副資材種 条件: 通気あり1回/2週切り返し 堆肥化期間8週間以上	比較的影響は少ない *3 *4	臭気、成分、 嵩比重、最大容水量

注釈 *1 この数値は乾式造粒法(試験機)で開発肥料の条件で製造した場合の数値である。
*2 肥料設計、製造設備などにより変わる可能性あり。
*3 副資材が入ると、嵩比重が下がり最大容水量が上がる傾向がある。
*4 この傾向は、副資材の割合が増えるほど、未熟なほど増す。



図9 原料堆肥の造粒性評価試験の概要

4) 成果活用における留意点

本成果は、乾式ペレット造粒方式による試験結果であり、造粒方法や配合資材が異なれば、その製造方法や製品特性は変動すると考えられるため、留意が必要である。

また、使用した堆肥は、副資材配合割合の比較的小さい堆肥である。副資材の配合の多い堆肥などでは、その製造方法や製品特性は変動すると考えられるため、留意が必要である。

5) 今後の課題

開発肥料の市場流通に際しては、原料とする堆肥の品質面や量的な面を含めた確保が必要である。

中課題番号	15653449	中課題 研究期間	平成27～令和元年度
実行課題番号	207	実行課題 研究期間	平成27～令和元年度
中課題名	生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発		
小課題名	2 家畜ふん堆肥の高度利用による化学肥料削減技術の開発		
実行課題名	(7) 各種堆肥・有機質資材の窒素肥効および炭素貯留評価		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構九州沖縄農研・畑土壌管理グループ・荒川祐介		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	新潟県農業総合研究所畜産研究センター・生産環境科・小柳渉、長谷川昌伸、平尾賢一		

II. 実行課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

混合堆肥複合肥料等有機質資材の施用効果（窒素肥効及び土づくり効果）を明確化するために、有機質資材全般に適用可能な窒素肥効推定法を開発及び簡易化するとともに、混合堆肥複合肥料や緑肥について有機物（炭素）貯留効果を評価し、効果の指標となる化学分析値を選出する。さらに、混合堆肥複合肥料や緑肥の施用効果を他の有機質資材と併せた形でデータベース化する。

2) 研究方法

(1) 窒素肥効評価法の開発および簡易化では、多種の有機質資材について30℃12週培養無機態窒素（最大窒素肥効相当）および30℃4週培養無機態窒素（速効性窒素相当）を測定し、デタージェント分析値等化学分析値と比較することで推定法を開発した。さらに分析手法を簡易化し、普及指導員等が活用しやすいようにマニュアルを作成した。

(2) 共同研究機関が開発した混合堆肥複合肥料や導入した緑肥を土壌中に1～3年間埋設し、有機物（炭素）残存量を測定し土づくり効果を評価した。さらにデタージェント分析値等化学分析値と比較することにより、有機物貯留効果の指標となる化学分析値を選出した。

(3) 混合堆肥複合肥料と緑肥計36点について施用効果指標である化学分析値（表2）を測定し、委託プロジェクト研究「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」で構築した有機質資材データベースに取り入れた。

3) 研究結果

(1) 有機質資材・有機質肥料全般に適用できる窒素肥効推定法を開発した（図1）。推定に必要な化学分析値はADSN（AD可溶窒素）とアンモニア態窒素である。続けて、本窒素肥効推定法に基づいて、化学分析に特別な機器を必要とせずかつ迅速（半日程度）で推定できる簡易窒素肥効推定法を開発した（図2）。標準誤差は最大窒素肥効相

当・速効性窒素相当とも6.5mg程度である。さらに活用しやすいように操作マニュアルを作成した。

(2)混合堆肥複合肥料や緑肥の土づくり効果（指数）を求めた（表1）。さらに供試した全試料について有機物残存量（炭素残存量に1.724を乗じて算出）と化学分析値との関係を調べた結果、いずれの埋設期間もADL（酸性デタージェントリグニン）と高い相関があり、特に埋設3年後はADLと有機物残存量がほぼ一致した（図3）。このことからADLは混合堆肥複合肥料と緑肥共通の有機物貯留効果（炭素貯留効果＝土づくり効果）の指標になることが示された。このデータと主に堆肥について同様に検討したデータ（小柳ら，2011）を併せると、ADLは有機質資材共通の土壌有機物貯留効果の指標になると考えられる。

(3) 混合堆肥複合肥料と緑肥のデータを有機質資材データベース（レコード数約600点）に取り入れた（表2）。このデータベースはWEB上で公開予定である。

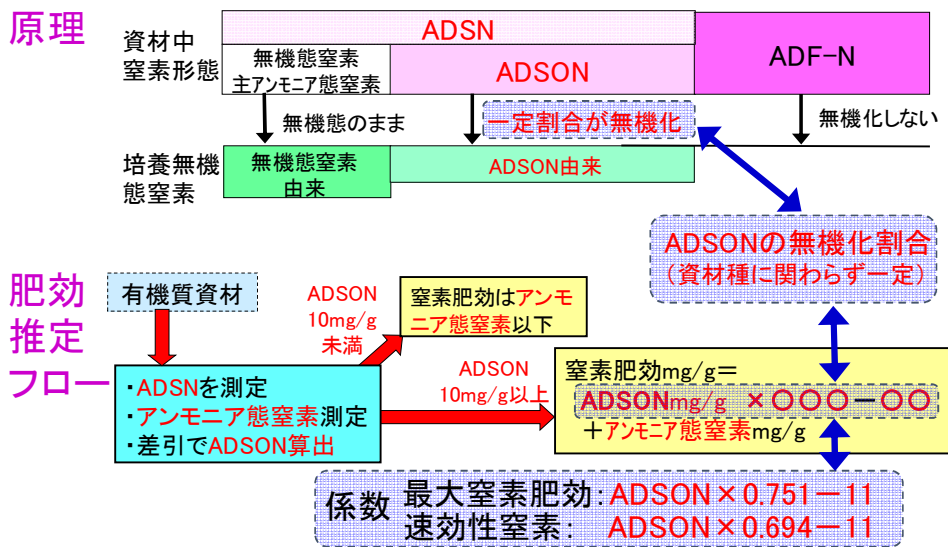


図1 窒素肥効推定法の原理と推定フロー

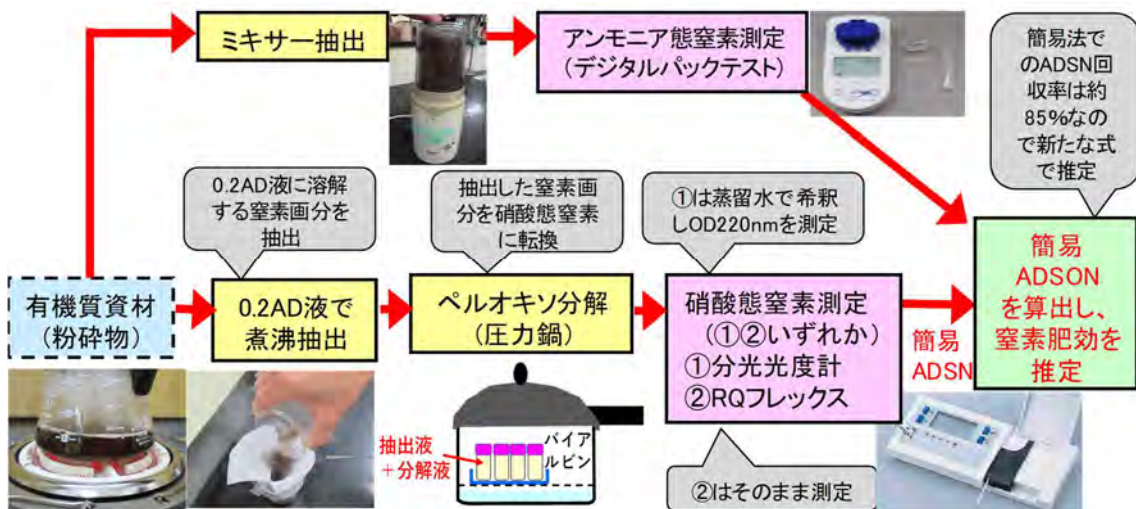


図2 簡易窒素肥効推定法の手順

表1 埋設試料一覧と1～3年後の炭素・有機物残存量（土づくり効果）

課題 番号	種類	埋設 形態	炭素	ADF	ADL	埋設1年後			埋設2年後			埋設3年後		
						炭素 残存 量	有機 物残 存量	土づく り効果 指数	炭素 残存 量	有機 物残 存量	土づく り効果 指数	炭素 残存 量	有機 物残 存量	土づく り効果 指数
102	ソルガム	粉碎物	447	423	61	106	182	52	83	144	54	69	119	43
106	ソルガム	粉碎物	438	394	48	92	158	45	62	106	40	67	116	42
109	ソルガム	粉碎物	456	382	54	100	172	49	74	128	48	58	100	36
101	エンバク	粉碎物		374	46	111	192	51						
108	エンバク	粉碎物	422	345	40	82	141	40	51	87	33	31	54	20
101	ヘアリーベッチ	粉碎物	426	426	55	122	210	56						
103	ヘアリーベッチ	粉碎物	470	422	109	93	160	45	76	131	49	67	115	42
104	ヘアリーベッチ	粉碎物	464	373	71	77	132	37	48	82	31	41	71	26
105	ヘアリーベッチ	粉碎物	447	342	69	81	139	39	56	97	36	38	65	24
107	ヘアリーベッチ	粉碎物	410	332	72	71	122	34	45	78	29	53	91	33
101	クロタラリア	粉碎物		435	103	134	231	62						
110	クロタラリア	粉碎物	463	534	110	98	169	48	68	117	44	55	95	34
201	鶏ふん堆肥高付加価値肥料	ペレット	324	417	205	182	313	89	135	233	88	124	214	77
202	鶏ふん堆肥高付加価値肥料	ペレット	311	238	99	119	206	55	93	160	60			
203	混合堆肥複合肥料	ペレット	284	335	170	150	259	73	124	213	80	106	183	66
204	混合堆肥複合肥料	ペレット	319	248	103	130	224	63	95	164	62	84	145	52
205	混合堆肥複合肥料	ペレット	366	373	250	162	279	75	131	226	84			
206	混合堆肥複合肥料	ペレット	306	212	146	116	200	57	94	161	61	80	139	50
206	混合堆肥複合肥料	ペレット	313	203	130	96	166	44	95	163	61			
比)	乳牛ふん堆肥(標準堆肥)	粉碎物	361	512	272	205	353	100	154	266	100	161	277	100
比)	市販有機入り肥料	粉碎物		152	78	100	173	46						

数値は試料乾物gあたりmg 有機物残存量は炭素残存量に1.724を乗じて算出 土づくり効果指数は標準堆肥の炭素残存量を100とした指数

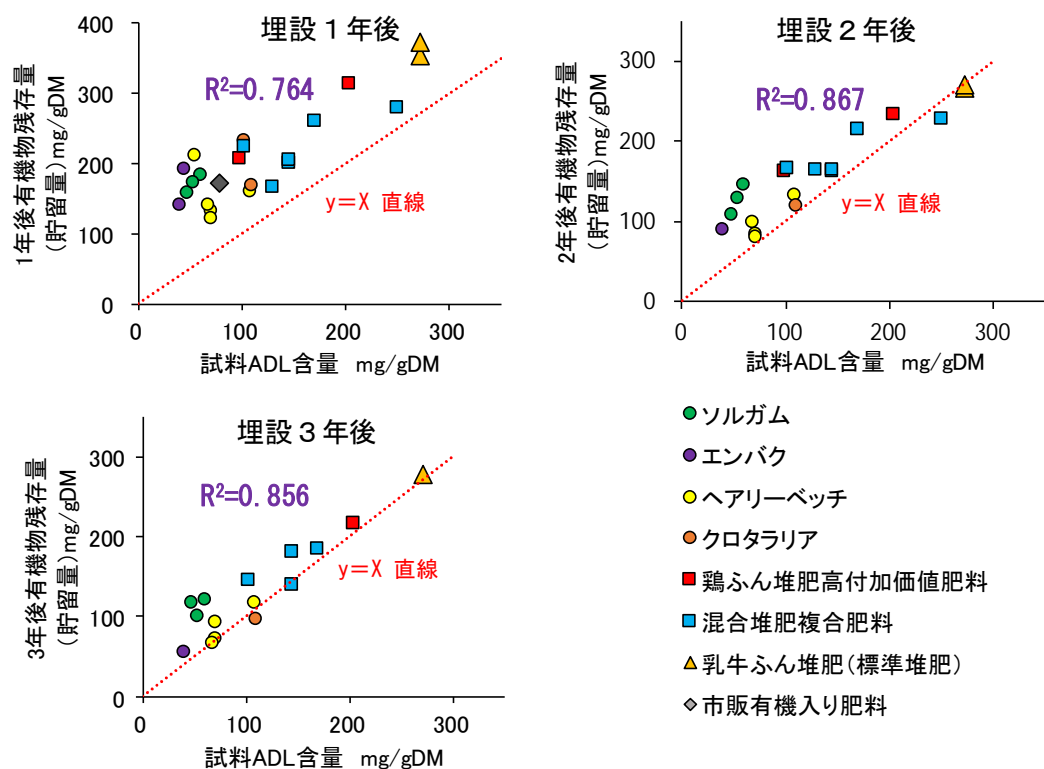


図3 ADL含量と有機物残存量の関係
(有機物残存量は炭素残存量に1.724を乗じて算出した)

表2 有機質資材データベース中レコード例

レコード No.	種類	詳細	効果	速効 物理性	長期 物理性	窒素 肥沃度	保肥力	リン酸 代替	カリ 代替	石灰 代替	窒素 代替
			指標	ADF	ADL	貯留態 窒素	有機物 CEC	P2O5	K2O	CaO	推定 N肥効
3	イナワラ	コシヒカリわら		422	48	9	112	2	24	4	0
4	緑肥・牧草	クロタリヤ		449	88	18	157	5	21	12	6
6	木質物	梨剪定枝		645	244	9	158	4	6	11	0
8	キノコ廃菌床	エノキ廃菌床		656	264	9	195	28	9	0	0
15	モミガラ	コシヒカリ		628	208	3	94	1	1	1	0
23	牛ふん堆肥	乳牛ふん堆肥		567	241	14	237	16	22	16	0
24	食品・食品残さ	ビールかす		237	59	25	128	17	2	6	14
29	豚ふん堆肥	肥育豚ふん堆肥		293	100	33	342	59	31	50	16
31	緑肥・牧草	エンバク		371	32	16	88	6	34	21	2
102	緑肥・牧草	ヘアリーベッチ		422	109	20	332	7	37	16	9
108	緑肥・牧草	ソルガム		382	54	15	110	2	36	6	-2
222	有機系肥料	市販有機配合		152	78	28	288	77	63	51	46
223	有機系肥料	鶏ふん堆肥高付加価値肥料		401	159	37	628	83	84	94	5
224	有機系肥料	混合堆肥複合肥料		212	146	30	482	63	77	58	41
274	バーク堆肥	外材+鶏ふん		739	492	18	596	16	10		0
293	鶏ふん堆肥	採卵鶏ふん堆肥		181	89	23	296	67	46	282	5
297	木質物	スギ木部		836	324	1	180	1	1	2	0

単位はmg/gDM 項目はこの他に苦土(MgO)、易分解性有機物(ADOM)、ケイ酸がある

4) 成果活用における留意点

- ・簡易窒素肥効推定法の活用には、化学分析に関する知識・技術がある程度必要である。
- ・窒素肥効推定には、単一種の家畜ふん堆肥であれば既存の方法（実用技術開発事業18053マニュアル作成委員会，2010）を用いた方が精度良く推定できる。
- ・ADL含量はあくまでも土づくりの一部である土壌有機物供給効果の指標である。
- ・有機質資材データベースでの項目の1つである貯留態窒素は、全窒素から本窒素肥効評価法により推定した肥効を差し引いて算出した数値である。

5) 今後の課題

- ・簡易窒素肥効推定法は、ADSN抽出率が高まるように改良することにより精度が向上すると考えられる。
- ・ADLの測定には劇物（72%硫酸）と複雑な操作を要する。そのため活用場面を広げるには測定法の簡易化が必要である。
- ・有機質資材データベースは随時拡充する。

<引用文献>

中間成果発表会「適正施肥および有機質資材の利用による生産コスト削減に向けて」
(2017) 展示パネル

https://www.naro.affrc.go.jp/project/research_activities/files/h29seikahappyukaite_nji.pdf (121MB)

小柳ら（2011）新潟県農業総合研究所畜産研究センター研究報告 17 9-14

実用技術開発事業18053マニュアル作成委員会（2010）

http://www.g-agri.rd.pref.gifu.lg.jp/taihi_manual/index.html

Ⅲ 研究成果一覧【公表可】

課題番号 15653449

中課題名 生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発

成果等の集計数

課題番号	学術論文		学会等発表(口頭またはポスター)		出版図書	国内特許権等		国際特許権等		PCT	報道件数	普及しうる成果	発表会の主催(シンポジウム・セミナー)	アウトリーチ活動
	和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得					
15653449	4	1	55	1	21	0	0	0	0	0	9	4	3	115

(1) 学術論文

区分: ①原著論文、②その他論文

整理番号	区分	タイトル	著者	機関名	掲載誌	掲載論文のDOI	発行年	発行月	巻(号)	掲載ページ
1	①	黄色土における緑肥クロタラリア(Crotalaria juncea)の窒素無機化特性	辻正樹ら	愛知県農業総合試験場	愛知県農業総合試験場研究報告	なし	2017	12	49	67-73
2	①	重粘土転換畑におけるヘアリーベッチ植栽がキャベツの窒素吸収および可販収量に及ぼす影響	佐藤孝、小野寺雄平、高階史章、保田謙太郎、石田朋子、渋谷允、中川進平、渡辺恭平、金田吉弘	秋田県立大学 秋田県農業試験場	日本土壤肥料学雑誌	https://doi.org/10.20710/dojo.90.4.249	2019	8	90	249-256
3	②	マメ科緑肥ヘアリーベッチを導入した長ネギの減肥栽培	佐藤孝	秋田県立大学	牧草と園芸		2019	5	67	1-4
4	①	Soil faunal effect on plant litter decomposition in mineral soil examined by two in-situ approaches: Sequential density-size fractionation and micromorphology	Hiroko Nakatsukaa, Toshihiko Karasawaa, Toshiaki Ohkura, Rota Wagab	中央農業研究センター	Geoderma	https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113910	2020	357		
5	②	減肥・土づくりに役立つ緑肥 ～特徴と有効活用法～	唐澤敏彦	中央農業研究センター	新潟アグロノミー	なし	2019	12	55	3-7

(2) 学会等発表(口頭またはポスター)

整理番号	タイトル	発表者名	機関名	学会等名	発行年	発行月
1	クロタラリアの窒素無機化特性とすき込み後の窒素動態	辻正樹、山本拓、竹内将充	愛知県農業総合試験場	日本土壤肥料学会中部支部例会	2016	3
2	ヘアリーベッチの鋤き込みがキャベツ、ブロッコリーの初期生育に及ぼす影響	佐藤孝・渋谷允・中川進平・高階史章・金田吉弘	秋田県立大学、秋田県農業試験場	日本土壤肥料学会東北支部大会	2016	7
3	AD可溶窒素とアンモニア態窒素を指標とした有機質資材の窒素肥効評価法	小柳渉ら	新潟県農業総合研究所畜産研究センター	日本土壤肥料学会	2016	9

4	黒ボク土畑における緑肥すき込み後の粗大有機物の分解過程と土壌微生物特性	中塚博子ら	中央農研	日本土壌肥料学会	2016	9
5	緑肥の乾燥がそれを添加した土壌における窒素の無機化・リン酸代謝関連微生物に及ぼす影響	唐澤敏彦ら	中央農研	日本土壌肥料学会	2016	9
6	マメ科緑肥の連用が肥料成分の溶脱と地力に及ぼす影響	長坂克彦	山梨県総合農業技術センター	日本土壌肥料学会	2016	9
7	ソルガムのすき込みによる土壌のリン酸含量及びリン酸に関わる微生物活性への影響	塚本崇志1・八槇敦1・唐澤敏彦2	1千葉県農林総合研究センター、 2農研機構中央農業研究センター	日本土壌肥料学会	2016	9
8	ヘアリーベッチの利用が後作キャベツの収量へ及ぼす影響	渋谷允、中川進平、伊藤千春	秋田県農業試験場	日本土壌肥料学会	2016	9
9	牛ふん堆肥、有機質肥料等を利用した混合堆肥複合肥料の試作及び特性調査	竹本 稔 他5名	神奈川県農業技術センター・朝日工業(株)	日本土壌肥料学会関東支部会	2016	12
10	クオタラリアの肥効を利用したキャベツの施肥量削減	辻正樹、山本拓、竹内将充	愛知県農業総合試験場	日本土壌肥料学会中部支部例会	2017	3
11	蛍光染料による土壌薄片中の菌糸の検出	中塚 博子ら	中央農研	日本ペドロロジー学会	2017	3
12	Effects of introduction of green manures on physico-chemical and biological properties of Andosols	Baibolotov Rakhat・中塚 博・唐澤 敏彦ら	中央農研	日本ペドロロジー学会	2017	3
13	緑肥鋤込み後作付けまでの期間が作物の生育に及ぼす影響	長坂克彦ら	山梨県総合農業技術センター	日本土壌肥料学会	2017	9
14	緑肥作物のすき込みが土壌中バイオマスリン及び後作キャベツのリン酸吸収量に及ぼす影響	塚本崇志1・横山とも子1・唐澤敏彦2	1千葉県農林総合研究センター、 2農研機構中央農業研究センター	日本土壌肥料学会	2017	9
15	緑肥と堆肥の併用によるブロッコリーの5割減肥栽培	井上勝広	長崎県農林技術開発センター	土壌肥料学会	2017	9
16	窒素肥効からみた緑肥の最適な草種と栽培管理	坂本麻衣子・井上勝広・田畑士希	長崎県農林技術開発センター	日本土壌肥料学会九州支部大会	2017	9
17	緑肥と堆肥の併用によるブロッコリー5割減肥栽培のコスト評価	井上勝広・田畑士希・坂本麻衣子・大井義弘	長崎県農林技術開発センター	日本土壌肥料学会九州支部大会	2017	9
18	冬作緑肥の分解過程: 比重分画法による定量と形態観察	中塚博子、唐澤敏彦、大倉利明、浦嶋泰文、和穎朗太	中央農研	日本土壌肥料学会	2017	9
19	コマツナ・スイートコーンの生育と栽培前の緑肥の積算すき込み量(1~7年間)の関係	唐澤敏彦、中塚博子、浦嶋泰文、橋本知義	中央農研	日本土壌肥料学会	2017	9
20	緑肥作物の導入による窒素溶脱抑制	関口雅史	栃木県農業試験場	日本土壌肥料学会	2017	9
21	緑肥の乾燥状態の違いが土壌添加時の微生物性および窒素無機化量に及ぼす影響	渋谷允、須賀有子、唐澤敏彦	秋田県農業試験場、農研機構本部、農研機構中央農業研究センター	日本土壌肥料学会	2017	9
22	重粘土転換畑におけるヘアリーベッチ植栽がキャベツの生育・収量に及ぼす影響	佐藤孝、小野寺雄平、渋谷允、中川進平、高階史章、金田吉弘	秋田県立大学、秋田県農業試験場	日本土壌肥料学会東北支部会	2017	11
23	緑肥導入圃場における下層土の土壌構造の発達を大型土壌薄片で観察する	中塚博子、唐澤敏彦、大倉利明	中央農研	薄片研磨片技術討論会	2017	10
24	マメ科緑肥の鋤き込みによる施肥窒素量削減	五味敬子ら	山梨県総合農業技術センター	日本土壌肥料学会関東支部大会	2017	12

25	冬作緑肥の根の伸長が土壌微細形態に与える影響	中塚 博子ら	中央農研	日本ペドロロジー学会	2018	3
26	肥効調節型肥料を混合した混合堆肥複合肥料の窒素肥効と夏まきキャベツ栽培における基肥施用効果	森次真一・鷺尾建紀・鳥家あさ美・水木剛・白石誠・大家理哉・荻野隆	岡山県農林水産総合センター、三興株式会社	日本土壌肥料学会	2017	9
27	鶏ふん焼却灰入り混合堆肥複合肥料の保存性評価	水木剛・白石誠・森次 真一・大家理哉・鳥家 あさ美・鷺尾建紀・荻野隆	岡山県農林水産総合センター、三興株式会社	日本畜産学会	2018	3
28	牛ふん堆肥ベースの混合堆肥複合肥料の実用規模での製造試験及び製品の特性	竹本 稔 他5名	神奈川県農業技術センター・朝日工業(株)	日本土壌肥料学会	2017	9
29	混合堆肥複合肥料原料としての各種牛ふん堆肥の特性評価	山崎 聡 他5名	神奈川県農業技術センター・朝日工業(株)	日本土壌肥料学会	2017	9
30	AD可溶窒素とアンモニア態窒素を指標とした有機質資材の窒素肥効評価法 第2報 適用性の拡大と速効性窒素について	小柳 渉	新潟県農業総合研究所畜産研究センター	日本土壌肥料学会	2017	9
31	鶏ふんと焼酎蒸留廃液の連続混合堆肥の資材特性と施肥効果	荒川祐介、新美洋、小柳 渉	九州沖縄農業研究センター	日本土壌肥料学会	2017	9
32	緑肥の添加が土壌の無機態窒素とリン酸代謝関連微生物に与える影響 - 緑肥の種類・性質による違い -	唐澤敏彦・中塚博子・浦嶋泰文・橋本知義	中央農業研究センター	日本土壌微生物学会	2018	6
33	緑肥の連用が土壌のリン酸代謝関連微生物と後作物の生育に及ぼす影響 - 異なるリン酸施肥レベルでの後作コマツナ収量と土壌のリン酸代謝関連微生物の経年変化 -	唐澤敏彦・浦嶋泰文・高橋茂	中央農業研究センター	日本土壌肥料学会	2018	8
34	Soil faunal impact on litter decomposition and soil in cover crop system: effect of beetle larvae (Gametis jucunda) assessed by physical fractionation, micromorphology, and biochemical assay	中塚博子・唐澤敏彦・大倉利明・浦嶋泰文・和穎朗太	中央農業研究センター	The 21st World Congress of Soil Science	2018	8
35	土壌薄片中の菌糸の蛍光先勝法の検討	中塚博子・唐澤敏彦・大倉利明・橋本知義	中央農業研究センター	第61回薄片研磨片技術討論会講演要旨集	2018	11
36	「エンバクのすき込みが土壌中バイオマスリン、後作ニンジンの収量及びリン酸吸収量に及ぼす影響」	塚本崇志・横山とも子・唐澤敏彦	千葉県農林総合研究センター、農研機構中央農業研究センター	日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会	2018	8
38	混合堆肥複合肥料を配合した水稻の全量基肥用肥料の開発と実用性の検討	森次真一・水木剛・大家理哉・鳥家あさ美・白石誠・鷺尾建紀・荻野隆	岡山県農林水産総合センター、三興株式会社	日本土壌肥料学会	2018	8
39	「混合堆肥複合肥料がチンゲンサイ施設栽培における生育と土壌化学性に及ぼす影響」	中村明弘・渥美和彦・福島務	静岡県農林技術研究所・静岡県農林技術研究所茶業研究センター	園芸学会	2018	9
40	「開放攪拌発酵方式における堆肥造粒条件の検討」	堂本晶子・原正之	三重県農業研究所	農業施設学会	2017	9
41	緑肥の導入や有機栽培が土壌の有用微生物に与える影響とその利用	唐澤敏彦	中央農業研究センター	日本土壌微生物学会シンポジウム	2019	6
42	冬作緑肥の導入が土壌の物理性に及ぼす影響 - 土壌深度別のち密度、作土の耐水性団粒、耕盤層の透水係数に及ぼす効果 -	唐澤敏彦・Win Khin Thawda・中野恵子・大友量・浦嶋泰文・久保寺秀夫・江波戸宗大	中央農業研究センター	日本土壌肥料学会	2019	9

43	Effects of Cover Crop Species on Stability and Quality of Soil Aggregates and Mineral Nutrient Contents of Komatsuna (<i>Brassia rapa</i> var. <i>perviridis</i>)	WIN Khin Thawda, HASHIMOTO Tomoyoshi, KUSA Kanako, URASHIMA Yasufumi, KARASAWA Toshihiko	中央農業研究センター	日本土壌肥料学会	2019	9
44	Response of komatsuna (<i>Brassica rapa</i>) yield and mineral nutrient contents to differently P fertilized oat and vetch cover crops	WIN Khin Thawda, KUSA Kanako, KARASAWA Toshihiko	中央農業研究センター	日本作物学会	2020	3
45	エンバクの3年目までの連年栽培による土壌化学性及び生物性の変化	塚本崇志・横山とも子・唐澤敏彦	千葉県農林総合研究センター、農研機構中央農業研究センター	日本土壌肥料学会2019年度静岡大会	2019	9
46	UAVセンシングで測定した緑肥の生育量と土壌化学性の面的なばらつきとの関係	塚本崇志・望月篤・和田美由紀・宮城果奈・柴田俊介・濱侃・山本幸洋・唐澤敏彦	千葉県農林総合研究センター、雪印種苗株式会社、千葉県海匠農業事務所、横浜国立大、農研機構中央農業研究センター	2019年度日本土壌肥料学会関東支部大会	2019	11
47	ヘアリーベッチの連用がキャベツの収量に及ぼす影響	中川進平、渋谷允、佐藤孝、渡辺恭平、伊藤千春、伊藤正志	秋田県農業試験場、秋田県由利地域振興局、秋田県立大学	日本土壌肥料学会東北支部会	2019	7
48	マメ科緑肥クロタリアの鋤き込み時期と減肥による後作ハクサイへの影響	五味敬子ら	山梨県総合農業技術センター	日本土壌肥料学会	2019	9
49	マメ科緑肥ヘアリーベッチの鋤き込みと減肥による後作スイートコーンへの影響	五味敬子ら	山梨県総合農業技術センター	日本土壌肥料学会2019年度長野大会	2019	11
50	エンバクのすき込みによる窒素およびカリ肥効	関口雅史	栃木県農業試験場	日本土壌肥料学会関東支部大会	2019	11
51	夏まきソルガムを活用したレタス窒素減肥栽培の開発	鮎澤純子・出澤文武・矢口直輝・斎藤龍司	長野県野菜花き試験場	日本土壌肥料学会関東支部大会	2019	11
52	混合堆肥複合肥料の水分の違いがバルクブレンドした被覆尿素的窒素溶出に及ぼす影響	森次真一・水木剛・大家理哉・鳥家あさ美・上田直國・白石誠・鷲尾建紀・荻野隆	岡山県農林水産総合センター、三興株式会社	日本土壌肥料学会	2019	9
53	混合堆肥複合肥料を配合した水稻向けバルクブレンド肥料の保存性評価	水木剛・森次真一・白石誠・大家理哉・鳥家あさ美・鷲尾建紀・荻野隆	岡山県農林水産総合センター、三興株式会社	日本土壌肥料学会関西支部大会	2019	12
54	「腐植酸添加鶏ふん肥料施用が土壌理化学性に及ぼす影響」	堂本晶子・水谷嘉之・小柳渉・荒川祐介	三重県農業研究所、新潟県農業総合研究所畜産研究センター、中央農業研究センター	日本土壌肥料学会中部支部例会	2019	11
55	牛ふん堆肥ベースの混合堆肥複合肥料の製造法の検討	中村明弘・渥美和彦・福島務	静岡県農林技術研究所・静岡県農林技術研究所茶業研究センター	日本土壌肥料学会	2019	9
56	チンゲンサイ施設栽培において混合堆肥複合肥料施用が生育と土壌化学性に及ぼす影響	中村明弘・渥美和彦・福島務	静岡県農林技術研究所・静岡県農林技術研究所茶業研究センター	園芸学会	2020	3

(3) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌(学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。)、③年報、④広報誌、⑤その他

整理番号	区分	著書名(タイトル)	著者名	機関名	出版社	発行年	発行月
1	⑤	ヘアリーベッチ利用農法実践マニュアル	佐藤孝ら	秋田県立大学		2017	11
2	②	全農長野県本部「信州のそ菜」(越冬ライムギの鋤込みによる初夏どりレタスの窒素減肥)	出澤文武	長野県野菜花き試験場	全農長野県本部	2017	10
3	②	ジェイカムアグリ「農業と科学」(ライムギの鋤込みによるレタスの窒素減肥栽培)	出澤文武	長野県野菜花き試験場	ジェイカムアグリ		
4	③	「平成28年度農業研究所研究年報」((2)家畜ふん堆肥と肥効調節型肥料による新規肥料の製造とその利用法の開発)	森次真一、鷺尾建紀、鳥家あさ美	岡山県農林水産総合センター農業研究所	http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/382661_4087113_misc.pdf	2017	5
5	③	「平成28年度畜産研究所年報」(生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発)	水木剛、白石誠	岡山県農林水産総合センター畜産研究所	http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/476470_3406312_misc.pdf	2017	8
6	④	連載実践記事(有機農研113号) 「緑肥作物を利用したタマネギの減肥栽培」	宮本拓磨	NPO法人北海道有機農業研究協議会		H30	7
7	②	土づくりとエコ農業(イネ科緑肥作物の肥効活用によるレタス減肥栽培)	鮎澤純子	長野県野菜花き試験場	日本土壌協会	2018	10
8	②	「畜産技術」夏まきキャベツ向けの混合堆肥複合肥料の開発～堆肥の需要拡大を目指して～	水木剛	岡山県農林水産総合センター	畜産技術協会	2018	9
9	③	「平成29年度畜産研究所年報」(生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発)	水木剛・白石誠	岡山県農林水産総合センター	岡山県農林水産総合センター	2018	7
10	③	「平成29年度農業研究所研究年報」((2)家畜ふん堆肥と肥効調節型肥料による新規肥料の製造とその利用法の開発)	森次真一・大家理哉・鳥家あさ美	岡山県農林水産総合センター	岡山県農林水産総合センター	2018	9
11	④	「岡山畜産だより」混合堆肥複合肥料の普及に向けた取り組み	水木剛	岡山県農林水産総合センター	(一社)岡山県畜産協会	2019	2
12	②	混合堆肥複合肥料の課題とこれから 「再生と利用」第160号	見城貴志	朝日工業(株)	公益社団法人日本下水道協会	2019	3
13	②	回収資材を用いた混合堆肥複合肥料の開発 「養豚の友」2019年4月号	松岡英紀	朝日工業(株)	(株)日本畜産振興会	2019	4

14	②	減肥・土づくりに役立つ緑肥 ～特徴と有効活用法～	唐澤敏彦	中央農業研究センター	新潟県土壌肥料懇話会	2019	12
15	④	連載記事(「牧草と園芸」2019年5月号)「北海道におけるマメ科緑肥作物の利用方法について」	宮本拓磨	雪印種苗(株)	雪印種苗(株)	2019	5
16	④	連載実践記事(有機農研118号)「緑肥作物利用による物理性改善効果」	宮本拓磨	NPO法人北海道有機農業研究協議会		2019	10
17	⑤	土壌肥料学会誌技術レポート「イネ科緑肥作物の肥効を活用したレタスの窒素減肥技術の開発」	鮎澤純子、唐沢敏彦ら	長野県野菜花き試験場	土壌肥料学雑誌	2020	3(予定)
18	⑤	農業技術体系「イネ科緑肥作物の肥効を活用したレタスの窒素減肥技術の開発」	鮎澤純子	長野県野菜花き試験場	農文協	2019	10
19	③	「平成30年度農業研究所研究年報」(家畜ふん堆肥と肥効調節型肥料による新規肥料の製造とその利用法の開発)	森次真一・上田直國	岡山県農林水産総合センター	岡山県農林水産総合センター	2019	5
20	③	「平成30年度畜産研究所年報」(生産コストの削減に向けた有機質資材の活用技術の開発)	水木剛・白石誠	岡山県農林水産総合センター	岡山県農林水産総合センター	2019	8
21	②	「混合堆肥複合肥料の開発と今後の展望」 DAIRYMAN 2019秋季臨時増刊号	水木剛	岡山県農林水産総合センター	デーリイマン社	2019	9

(4) 国内特許権等

区分: ①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者(出願人等)	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日
		該当なし						

(5) 国際特許権等

区分: ①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者(出願人等)	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日	出願国
		該当なし							

(6) 報道等

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

整理番号	区分	記事等の名称	機関名	掲載紙・放送社名等	掲載年月日	備考
1	②	[堆肥]使いやすく [施肥]より効率的に土づくりのコスト低減へ	農研機構・中央農業研究センター 他	農業共済新聞	2017/12/2	中間成果発表会紹介記事
2	②	散布労力・コスト減 牛ふん混合肥料開発へ	静岡県農林技術研究所	日本農業新聞	2017/12/29	
3	②	腐植酸肥料で農業維新	テラノマックス南日本	南日本新聞	2018/1/14	
4	②	キャベツ栽培に緑肥	秋田県農業試験場	日本種苗新聞	2018/10/1	
5	②	肥料取締制度見直しを説明 畜産シンポで農水省	農研機構・福岡県農林業総合試験場、岡山県農林水産総合センター	日本農業新聞	2019/7/27	令和元年度畜産環境シンポジウム紹介記事
6	②	農水省と畜環機構が土づくりテーマにシンポ	農研機構	酪農乳牛速報	2019/7/29	令和元年度畜産環境シンポジウム紹介記事
7	②	家畜ふん堆肥活用へ ペレット、混合肥料など期待	農研機構・福岡県農林業総合試験場、岡山県農林水産総合センター	農経しんぼう	2019/8/5	令和元年度畜産環境シンポジウム紹介記事
8	②	土づくりに堆肥有効活用 堆肥ペレット化が効果	農研機構・福岡県農林業総合試験場、岡山県農林水産総合センター	全酪新法	2019/8/10	令和元年度畜産環境シンポジウム紹介記事
9	②	土づくり 堆肥生かすには 化学肥料との混合 農水省で事例報告	農研機構・福岡県農林業総合試験場	信濃毎日新聞	2019/8/21	令和元年度畜産環境シンポジウム紹介記事

(7) 普及に移しうる成果

区分:①普及に移されたもの・製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの(複数選択可)

整理番号	区分	成果の名称	機関名	普及(製品化)年月		主な利用場面	普及状況
1	①	越冬ライムギの鋤込みによるレタス窒素減肥栽培	長野県野菜花き試験場	2017	11		
2	①	草丈伸長速度の品種間差を利用した越冬ライムギ鋤込み時期の拡大	長野県野菜花き試験場	2018	7		

3	②	静岡混合堆肥複合肥料5-2-3	静岡県農林技術研究所、(株)ホーチ・アグリコ	2017	5	施設栽培等の短期葉菜類用	
4	②	静岡混合堆肥複合肥料7-2-5	静岡県農林技術研究所、(株)ホーチ・アグリコ	2018	10	露地栽培等のやや栽培期間が長い葉菜類用	

(8)発表会の主催(シンポジウム・セミナー等)の状況

整理番号	発表会の名称	機関名	開催場所	年月日	参加者数	備考
1	中間成果発表会「適正施肥および有機質資材の利用による生産コスト削減に向けて」	中央農研ほか	AP東京八重洲通り	2017/11/24	160	
2	平成30年度関東東海北陸農業試験研究推進会議土壌肥料部会・秋季研究会	千葉県農林総合研究センター	中信農協会館	2018/10/18	108	
3	九州農業研究会マッチングフォーラム	長崎県農林技術開発センター	東海大学熊本キャンパス	2018/9/11	150	

(9)アウトリーチ活動の状況

区分:①一般市民向けのシンポジウム・講演会及び公開講座・サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展・大学及び研究所等の一般公開への参画、③その他(子供向け)

整理番号	区分	アウトリーチ活動	機関名	開催場所	年月日	参加者数	主な参加者	備考
1	①	平成27年度関東東海土壌肥料研究会「混合堆肥複合肥料の開発経過及び作物への施用事例について」	朝日工業(株)	ホテルニューイタヤ	2015/10/8	108	大学教官、国研研究者、公設試研究者、JA職員、肥料会社社員	
2	①	宮崎大学農学部校外学習「家畜ふん堆肥を造粒して使う」	農研機構	九州沖縄農業研究センター都城拠点	2016/6/25	60	大学生	
3	①	平成28年度県内野菜関係試験研究成績検討会	千葉県農林総合研究センター	千葉県農林総合研究センター	2016/7/14	63	JA職員、行政等	
4	①	平成28年度第1回千葉地域新規参入者研修会	千葉県農林総合研究センター	千葉農業事務所	2016/7/14	16	生産者、JA職員、行政等	
5	①	「アグリコラボいとしま」講演会	福岡県農林業総合試験場	福岡県糸島市伊都文化会館	2016/7/23	50	農業者、宮農指導員、大学教官、学生、行政	
6	①	神奈川県農業技術センター27年度試験研究成績発表会「混合堆肥複合肥料の製造利用法の開発～堆肥と肥料を組み合わせた新規規格肥料について～」	神奈川県農業技術センター	神奈川県農業技術センター	2016/7/29	70	県普及、JA職員、行政等	
7	①	平成28年度東葛飾新規参入者情報交換会	千葉県農林総合研究センター	柏市手賀の丘公園 どんぐりの家	2016/8/25	12	生産者、行政等	
8	①	静岡県野菜振興講演会「牛ふん堆肥の肥料成分を見直して化学肥料を大幅削減」	静岡県農林技術研究所	静岡県男女共同参画センターあざれあ	2016/8/28	237	生産者、JA・関係団体、市町・県など関係者	

9	①	平成28年度営農指導員養成研修会	山梨県総合農業技術センター	JA山梨教育研修所	2016/9/13	60	JA営農指導員等	
10	①	日本土壌肥料学会シンポジウム「混合堆肥複合肥料の開発とこれから」	農研機構・岡山県農林水産総合センター・朝日工業(株)	佐賀大学	2016/9/22	200	大学教官、独法研究者、公設試研究者	
11	①	静岡県肥料協会総会記念講演「有機物の上手な使い方」の一部	神奈川県農業技術センター	クーポール会館	2016/9/23	48	公設試研究者、行政、JA職員、肥料会社社員	
12	①	廃棄物資源循環学会バイオマス系廃棄物研究部会第14回企画セッション「バイオマス資源循環において生産される堆肥等の品質と安全性-消費者に受け入れられるバイオマス資源循環を目指して-」講演「堆肥の利用側からみた求められる堆肥の品質と安全性」の一部	神奈川県農業技術センター	和歌山大学	2016/9/27	70	大学関係、公設試験場(環境系)関係、民間企業(ゼネコン、プラント、環境系)	
13	①	西三河新規就農者セミナー「適切な土づくり」	愛知県農業総合試験場	西三河農業改良普及課	2016/10/12	18	生産者	
14	①	関東東海北陸農業試験研究推進会議野菜部会平成28年度野菜研究会	長野県野菜花き試験場	山梨県甲府市「やまなしプラザ」	2016/10/19	70	都県、農研機構研究者	
15	①	有機農業研究者会議2016「緑肥による土作りと減肥」	農研機構	茨城県つくば市文科省研究交流センター	2016/10/26.27	120	大学、独法、都道府県、民間企業、生産者等	
16	①	新規就農者集合研修	山梨県総合農業技術センター	山梨県総合農業技術センター	2016/11/8	30	生産者	
17	①	家畜ふん尿処理利用研究会「家畜ふん堆肥の肥料利用促進に向けた課題と技術開発および畜産環境に関する研究動向」	岡山県農林水産総合センター	農研機構畜産研究部門	2016/11/10	133	普及員、行政、畜産関係研究者	
18	①	平成28年関東東海北陸農業試験研究推進会議土壌肥料部会の若手中堅研究者による研究発表会	栃木県農業試験場	農研機構本部地区第一研究本館大会議室	2016/11/15	80	中央農研、都道府県	
19	①	平成28年度関東地域マッチングフォーラム「土壌蓄積養分と地域資源の利用による施肥コスト削減-混合堆肥複合肥料の開発」	朝日工業(株)	JA共済埼玉ビル	2016/11/30	150	都県研究・普及関係者、JA・民間等、農林水産省、農研機構他国研	
20	①	普及指導員等研修(土壌・肥料の基礎①)	山梨県総合農業技術センター	JA山梨教育研修所	2016/11/29	50	普及指導員、JA営農指導員	
21	①	平成28年度第2回船橋市にんじん学習会	千葉県農林総合研究センター	船橋市農業センター	2016/12/1	12	生産者、JA職員、行政等	
22	①	第146回茨城県土壌肥料研究会(研究発表会)「緑肥による土づくりと減肥について」	農研機構	茨城県水戸市JA会館	2016/12/8	40	JA職員、行政、民間企業等	
23	①	ニューファーマーズ研修・雇用創出農業研修「環境保全型農業(土壌肥料)」	愛知県農業総合試験場	愛知県立農業大学校	2016/12/8	44	生産者	

24	①	東京都西多摩農業改良普及センター土づくり講習会「土壌学から見る畑の診断方法と土づくり」	農研機構	東京都西多摩農業改良普及センター	2017/1/24	30	生産者	
25	①	O-LISA研究会冬季検討会	秋田県立大学	あきたカレッジプラザ	2017/2.4	25	生産者、普及員、大学教員、学生、肥料メーカー	
26	①	神奈川県営農指導協議会土づくり推進研究会	山梨県総合農業技術センター	JAグループ神奈川ビル	2017/2/6	31	県内JA営農指導員、県・市町村農政担当職員、県の普及・研究担当職員等	
27	①	平成29年 O-LISA研究会冬季検討会「ヘアリーベッチを利用したキャベツの減肥栽培について」	秋田県農業試験場	カレッジプラザ	2017/2/4	25	生産者、大学教官、大学生等	
28	①	由仁町タマネギ部会「ヘアリーベッチを利用したタマネギの減肥栽培について」	雪印種苗(株)	JAそらち南	2017/2/7	40	生産者、農協職員	
29	①	種苗研修会「後作緑肥の効果的な活用法」の一部	雪印種苗(株)	旭川市農業センター	2017/2/8	90	生産者、農協職員	
30	①	北筑前アグリネット講演会	福岡県農林業総合試験場	福岡県福津市北筑前普及センター	2017/2/22	30	新規就農者、青年農業者、北筑前アグリネット会員、市町	
31	①	長崎県肥料研修会「緑肥と堆肥を活用した減化学肥料栽培」	長崎県農林技術開発センター	諫早市看護センター	2017/2/22	50	行政、普及、JA等	
32	①	平成28年度土壌肥料懇話会	秋田県農業試験場	協働大町ビル	2017/2/23	30	JA、大学教員、学生、肥料メーカー、県農林水産部職員	
33	①	全肥商連愛知県部会研修会	愛知県農業総合試験場	モリオカビル(名古屋市)	2017/2/23	30	肥料メーカー	
34	①	(農)出来島みらい集落営農組合検討会(青森県つがる市)	秋田県立大学	出来島コミュニティ消防センター	2017/2/25	15	生産者	
35	①	「アグリコラボいとしま」講演会 第3回土づくりの形を考える	農研機構	福岡普及指導センター	2017/3/4	100	農業者、営農指導員、大学教官、学生、行政	
36	①	三重県畜産協会技術研修会「商品である鶏ふんについて知る！商品化に向けたアプローチ」	三重県農業研究所	三重県総合文化センター	2017/3/7	100	畜産農家、行政、関連団体	
37	①	平成28年度地力保全測定事業成績検討会	新潟県農業総合研究所	新潟県農業総合研究所	2017/3/7	40	普及指導員	
38	①	多気農業協同組合 生産者大会	三重県農業研究所	志摩ロイヤルホテル	2017/3/7	200	生産者、多気農協	
39	①	ヘアリーベッチ利用農法研究会	秋田県立大学	ポルター潟の湯多目的ルーム	2017/3/25	25	生産者、普及員、大学教員、学生、種苗メーカー	
40	①	平成29年度県内野菜関係試験研究成績検討会	千葉県農林総合研究センター	千葉県農林総合研究センター	2017/7/13	60	JA職員、行政等	

41	①	H29年度東北農業試験研究推進会議	秋田県農業試験場	ホテル東日本盛岡	2017/7/12		JA、肥料メーカー	
42	②	長崎県農林技術開発センター公開	長崎県農林技術開発センター		2017/11/18			
43	①	平成29年度愛知県農学系4機関による研究交流会	愛知県農業総合試験場	中部大学三浦幸平メモリアルホール	2017/12/12	150	試験場研究員、大学教員、学生	
44	①	JAおやま平成29年産秋レタス栽培講習会	栃木県農業試験場	JAおやま北部集荷所、東部集荷所	2017/7/20	40	生産者、JA職員、種苗メーカー、普及員	
45	①	平成29年度第1回千葉県有機農業者研修会	雪印種苗(株)	千葉県民会館	2017/11/8	200	有機農業生産者、県関係機関など	
46	①	農協営農指導員向け講習会	雪印種苗(株)	雪印種苗(株)千葉研究農場	2017/11/10	30	土壌・肥料専門指導員、関係職員	
47	①	種苗研修会(旭川)	雪印種苗(株)	旭川市農業センター	2018/2/7	100	JA、普及センター、生産者	
48	①	種苗研修会(北見)	雪印種苗(株)	北海道立北見体育センター	2018/2/9	50	JA、普及センター、生産者	
49	①	宮崎大学農学部「畜産草地科学基礎実習」「家畜ふん堆肥を造粒して使う」	農研機構	九州沖縄農業研究センター都城拠点	2017/6/24	60	大学生	
50	①	第16回リン資源リサイクルシンポジウム「混合堆肥複合肥料の開発経過とリン資源としての堆肥活用について」	朝日工業(株)	日比谷図書文化館	2017/7/21	140	大学、独法、行政、関連団体、都道府県、民間企業等	
51	①	神奈川県農業技術センター28年度試験研究成績発表会「家畜ふん堆肥施用の現状と今後の考え方～三浦半島における堆肥の使用実態と混合堆肥複合肥料による新たな使用方法の提案～」	神奈川県農業技術センター	神奈川県農業技術センター	2017/8/8	70	県普及、JA職員、行政等	
52	②	日本土壌肥料学会仙台大会における企業展示	朝日工業(株)	東北大学	2017/9/5-7	500	大学、独法、都道府県、民間企業等	
53	①	関東東海北陸農業試験研究推進会議 関東東海・土壌肥料部会 若手・中堅研究者による研究発表「牛ふん堆肥を利用した混合堆肥複合肥料の開発」	神奈川県農業技術センター	農林水産技術会議事務局 筑波産学連携支援センター本館 1階 第4.5.6会議室	2017/11/15	50	独法、都道府県等	
54	①	平成29年度中央畜産技術研修会(畜産環境保全(耕畜連携堆肥利用促進)) 「野菜作におけるたい肥施用のポイント」の一部	神奈川県農業技術センター	<独>家畜改良センター中央畜産研修施設	2017/12/14	20	独法、都道府県等	
55	①	農業技術センターニュース第30号 牛ふん堆肥をベースにした混合堆肥複合肥料を開発しました～有機質資源の効果的な活用を目指して～	神奈川県農業技術センター	神奈川県農業技術センター	2017/12/19	3500部	大学、独法、都道府県、JA、一般市民等	
56	①	技術セミナー「家畜ふん堆肥を使用した新しい肥料「混合堆肥複合肥料」の特徴と活用」 「神奈川県における混合堆肥複合肥料の取り組み～牛ふん堆肥ベースの混合堆肥複合肥料の製造・利用法の開発について～」	神奈川県農業技術センター	福島県農業試験場	2018/2/14	100	生産者、JA職員、行政等	

57	①	三市合同畜産堆肥共励会公演会	静岡県農林技術研究所	大井川農協農産物集出荷場	2017/8/23	40	一般市民、堆肥生産者、JA職員、行政等	
58	①	ハイナン地域畜産振興会堆肥共励会講演会	静岡県農林技術研究所	ハイナン農業協同組合本店	2017/9/13	25	一般市民、堆肥生産者、JA職員、行政等	
59	②	中央農業研究センター一般公開ミニ講演会	中央農業研究センター	中央農業研究センター	2018/4/20	60	一般市民、高校生	
60	③	平成30年度暖地・温暖地水田作研究ネットワーク意見交換会(東海)水田飼料作現地見学会	中央農業研究センター	三重県鈴鹿庁舎	2018/9/28	5	農業者、試験場	
61	①	平成30年度関東東海北陸農業試験研究推進会議土壌肥料部会・秋季研究会	中央農業研究センター	JA全農長野中信事業所	2018/10/18	100	独法、都道府県、民間企業等	
62	①	緑肥作物の魅力について～化学性の改善～	中央農業研究センター	ホテルポートプラザ千葉	2019/2/7	100	生産者、行政・普及機関、民間企業等	
63	①	農事組合法人さんぶ野菜ネットワーク講習会	千葉県農林総合研究センター	さんぶ野菜ネットワーク	2018/4/12	20	生産者、さんぶ野菜ネットワーク職員等	
64	①	第2回青年農業者スキルアップ研修会	千葉県農林総合研究センター	JA山武郡市 やさいの里宮農センター	2018/7/24	10	生産者、普及等	
65	①	シンポジウム「千葉県を有機農業の里にするインフラ作りフォーラム」	千葉県農林総合研究センター	山武市役所	2018/9/25	70	生産者、普及、行政、民間等	
66	①	「平成30年度土づくり推進研究会」	千葉県農林総合研究センター	JAグループ神奈川ビル	2018/10/30	70	普及、JA等	
67	①	平成30年度青年農業者等スキルアップ研修(第2回)	千葉県農林総合研究センター	千葉県農林総合研究センター畑地利用研究室	2018/11/30	10	生産者、普及等	
68	①	平成30年度関東東海北陸農業試験研究推進会議土壌肥料部会・秋季研究会	秋田県立大学	JA全農長野中信事業所	2018/10/18	100	独法、都道府県、民間企業等	
69	①	緑肥を考える会「緑肥作物の魅力について～物理性の改善～」	秋田県立大学	ホテルポートプラザ千葉	2019/2/7	100	生産者、行政・普及機関、民間企業等	
70	①	ワタミ生産者会議	雪印種苗	ワタミ本社	2019/3/4	100名	ワタミファーム契約生産者、グループ関係者	
71	①	きたみらいタマネギ振興会青年部学習会	雪印種苗	きたみらいセンター	2019/1/23	100名	タマネギ生産者	
72	①	総合農業技術センター成果発表会「マメ科緑肥クロータリヤのすき込み時期と後作ハクサイの減肥」	山梨県総合農業技術センター	ふれあい文化館	2019/2/26	300	農業者、学生、行政等	
73	①	長崎県農林技術開発センター公開ポスター展示	長崎県農林技術開発センター	長崎県農林技術開発センター	2018/11/17	700	主婦、小学生	

74	①	長崎県農林技術開発センター120周年記念発表会	長崎県農林技術開発センター	多良見図書館	2019/1/10	100	行政、JA職員、振興局・試験場職員など	
75	①	JAおやま平成30年産秋レタス栽培講習会	栃木県農業試験場	JAおやま北部集荷場、東部集荷場	2018/7/19	40	生産者、JA職員、種苗メーカー、普及員	
76	①	平成29年度長野県野菜振興研修会「イネ科緑肥の肥効活用によるレタス減肥栽培」	長野県野菜花き試験場	長野県塩尻市総合教育センター	2018/1/24	200	生産者、JA、関係団体、市町村・県など関係者	
77	①	JA洗馬農協野菜振興研修会	長野県野菜花き試験場	JA洗馬営農センター	2018/3/2	20	生産者、JA、市・県	
78	①	関東東海北陸農業技術連絡協議会春季研究会	長野県野菜花き試験場	全農コープビル	2018/3/3	80	独法、都道府県	
79	①	関東東海北陸農業試験研究秋季現地検討会	長野県野菜花き試験場	長野県JA中信会館	2018/10/18	80	独法、都道府県	
80	①	平成30年度中央畜産技術研修会(畜産環境保全(耕畜連携堆肥利用促進))「野菜作におけるたい肥施用のポイント」の一部	神奈川県農業技術センター	〈独〉家畜改良センター中央畜産研修施設	2018/12/6	10	独法、都道府県等	
81	①	食品リサイクルでつくる魅力的な堆肥・肥料の研修会	朝日工業(株)	埼玉県県民健康センター大会議室A、B	2018/8/30	100	大学、独法、都道府県、民間企業等	
82	①	朝日工業(株)農業資材本部合同研修会	神奈川県農業技術センター	JA埼玉ひびきのひびきのホール	2018/11/2	80	民間企業	
83	①	平成30年度家畜ふん尿処理利用研究会	朝日工業(株)	農研機構 畜産研究部門 大会議室	2018/11/8	150	大学、独法、都道府県、民間企業等	
84	①	平成30年度東海地域マッチングフォーラム内での講演	朝日工業(株)	名古屋国際センター別棟ホール	2018/11/15	180	大学、独法、都道府県、民間企業等	
85	①	平成30年度東海地域マッチングフォーラム	静岡県農林技術研究所	名古屋国際センターホール別棟	2018/11/15	100	生産者、生産者団体、行政・普及機関関係者、関連企業、試験研究機関関係者等	
86	②	日本土壌肥料学会仙台大会における企業展示	朝日工業(株)	日本大学湘南キャンパス	2018/8/29-31	500	大学、独法、都道府県、民間企業等	
87	②	平成30年度農林水産総合センターフェアでの展示	岡山県農林水産総合センター	岡山県農林水産総合センター	2018/10/13		一般市民	
88	②	平成30年度東海地域マッチングフォーラム内でのパネル展示	朝日工業(株)	名古屋国際センター別棟ホール	2018/11/15	180	大学、独法、都道府県、民間企業等	
89	②	九州沖縄農業研究都城研究拠点一般公開講演会	農研機構 九州沖縄農研 畑作研究領域	九州沖縄農業研究センター都城研究拠点	2018/11/17	40	市民	

90	③	岡山県畜産関係業績発表会	岡山県農林水産総合センター	岡山県農業共済会館	2019/1/22	103	県職員及び県内畜産関係団体職員	
91	①	ヘアリーベッチ利用農法研究会(いろいろな緑肥作物の特徴と減肥・土づくりへの利用)	中央農業研究センター	道の駅「ふくしま東和」会議室	2019/11/28	31	生産者、都道府県、民間企業等	
92	①	有機農業技術研修会(土づくりと減肥を目指した緑肥利用について)	中央農業研究センター	神奈川県農業技術センター	2002/2/12	20	生産者、都道府県	
93	①	千葉県を有機の里にするインフラ作りフォーラム 第3回	千葉県農林総合研究センター	千葉市生涯学習センター	2019/3/18		生産者、市町村職員	
94	①	君津4市4Hクラブ連合勉強会	千葉県農林総合研究センター	袖ヶ浦市農業センター	2019/7/17	8	生産者、県職員	
95	①	スマート農業のためのリモートセンシング技術に関する研究会	千葉県農林総合研究センター	千葉大学園芸学部	2019/1/25	12	大学、民間企業、県職員	
96	①	ヘアリーベッチ利用農法研究会	秋田県農業試験場	道の駅「ふくしま東和」会議室	2019/11/28	30	生産者、普及員、大学教員、学生、種苗メーカー	
97	①	種苗研修会(旭川)	雪印種苗(株)	旭川市農業センター	2020/2/4		JA、普及センター、生産者	
98	①	種苗研修会(北見)	雪印種苗(株)	北海道立北見体育センター	2020/2/13		JA、普及センター、生産者	
99	①	種苗研修会(帯広)	雪印種苗(株)		2020/3/12		JA、普及センター、生産者	
100	①	春夏作野菜講習会	岡山県農林水産総合センター	JA岡山牛窓支所ほか	2019/5/21	80	生産者	
101	①	今後の肥料を考えるシンポジウム～肥料制度の見直しなど、改めて土から考える～	朝日工業(株)	TKP赤坂駅カンファレンスセンター	2019/7/3	431	農水、独法、都道府県、民間、業界関係者	
102	①	令和元年度畜産環境シンポジウム～家畜ふん堆肥を利用した土づくり～	農研機構九州沖縄農研、福岡県農林業総合試験場、岡山県農林水産総合センター	農林水産省 講堂	2019/7/26	300	大学、独法、都道府県、民間企業等	加えて、206課題について横須賀市現地栽培試験実施の農家が発表
103	②	日本土壌肥料学会静岡大会における企業展示	朝日工業(株)	静岡大学キャンパス	2019/9/3-5	500	大学、独法、都道府県、民間企業等	
104	①	家畜排泄物の利用の促進を図るための基本方針を見直す為の意見交換会	朝日工業(株)	農水省	2019/9/11	15	農水、独法、県、生産者、民間業者	
105	②	日本土壌肥料学会関東支部長野大会における企業展示	朝日工業(株)	長野市生涯学習センター	2019/11/30	70	大学、独法、都道府県、民間企業等	
106	①	平成31年度中央畜産技術研修会(畜産環境保全(耕畜連携堆肥利用促進))	農研機構九州沖縄農研、神奈川県農業技術センター	〈独〉家畜改良センター中央畜産研修施設	2019/12/5-6	10	独法、都道府県等	

107	①	岡山県畜産環境研修会	朝日工業(株)	テクノサポート岡山	2020/2/21	30~40	県及び市長村畜産担当者、農協畜産担当、畜産協会、畜産農家 等	予定
108	①	委託プロ「多収阻害」成果発表会 ～大豆・麦・薬用作物のスマート栽培に向けて～	新潟県農業総合研究所	滝野川会館	2019/12/4	200	独法、都道府県等	
109	①	南国興産株式会社 社員向けセミナー	農研機構九州沖縄農研	南国興産株式会社	2019/4/15	15	肥料メーカー社員	
110	①	令和元年度熊本県堆肥共励会表彰式及び スキルアップセミナー 主催熊本県耕畜連携推進協議会	農研機構九州沖縄農研	ユーベルホテル熊本	2019/11/19	100	都道府県、民間、業界関係者	
111	①	若手スイカ生産者研修会	千葉県農林総合研究センター	丸朝園芸農業協同組合ビッグサン	2020/1/21	20	生産者、都道府県、JA	
112	①	第3回緑肥を考える会	千葉県農林総合研究センター	ホテルポートプラザ千葉	2020/2/7	100	生産者、行政・普及機関、民間企業等	予定
113	①	令和元年度栃木県農業試験場野菜研究セミナー	栃木県農業試験場	栃木県農業試験場	2020/2/6	80	生産者、普及員、JA等	
114	①	福岡県畜産経営技術指導推進委員会	福岡県農林業総合試験場	福岡県吉塚合同庁舎	2020/1/10	17	行政・普及関係者、畜産関係団体、JA全農	
115	③	岡山県畜産関係業績発表会	岡山県農林水産総合センター	テクノサポート岡山	2020/1/28	99	県職員及び県内畜産関係団体職員	