令和３年度　成績概要書

課題コード（研究区分）：３１０２－３２５２１１（経常（各部）研究）

１．研究課題名と成果の要約

１）研究成果名：クリーン農業による畑地からの温室効果ガスの排出抑制効果

（**研究課題名**：クリーン農業による畑地からの一酸化二窒素排出抑制の評価）

２）キーワード：一酸化二窒素、二酸化炭素、メタン、温室効果ガス（GHG）、YES!clean

３）成果の要約：秋まき小麦とてんさいの栽培で堆肥施用と窒素減肥によるクリーン農業技術の導入はGHG排出を慣行施肥の10～54%に抑制した。畑作・露地野菜畑では堆肥3t/10aの施用と窒素減肥によりGHG排出は慣行レベルから年間0.64～0.75tCO_2-eq/10a減となり、温室効果ガスの排出抑制に寄与できる。

２．研究機関名

１）代表機関・部・グループ・担当者名：十勝農試・研究部・生産技術G・研究職員　石倉究

２）共同研究機関（協力機関）：（北海道農政部、北海道大学大学院農学研究院、十勝農業改良普及センター）

３．研究期間：令和元～令和3年度（2019～2021年度）

４．研究概要

１）研究の背景

秋まき小麦ーてんさいの作付けパターンは窒素投入量が多いタイミングであり、温室効果ガスの一つである一酸化二窒素（N_2O）の排出を促進する恐れがある。クリーン農業技術である適切な堆肥施用を活用した窒素減肥はN_2Oの排出抑制が期待できる。また、クリーン農業による堆肥施用が二酸化炭素（CO_2）やメタン（CH_4）を含む温室効果ガス（GHG）排出の全体量に及ぼす影響は明らかではなく、適切な肥培管理による温室効果ガスの排出抑制効果の提示が求められている。

２）研究の目的

クリーン農業が畑地からのN_2O排出およびGHG排出を抑制する効果を明らかにする。

５．研究内容

１）クリーン農業による畑地からのN_2Oの排出抑制効果の検討（R1～R3年度）

- **ねらい**：堆肥施用の時期である秋まき小麦ーてんさい作付けパターンにおいて異なる窒素施肥量・堆肥施用量でN_2Oフラックスを測定し、クリーン農業によるN_2O排出の抑制効果を明らかにする。
- **試験項目等**：

試験地：十勝農試（淡色アロフェン質黒ボク土）

試験処理：無窒素区、慣行施肥区（施肥量は北海道施肥ガイドに準拠、堆肥無施用）、クリーン農業区（牛ふん麦稈堆肥3 t/10a施用、化学肥料3 kgN/10a減肥）、堆肥多施用区（クリーン農業区に堆肥6 t/10aを上積み）

調査項目：N_2Oフラックス（チャンバー法、線形積算法で排出量を算出）、作物収量・品質等

２）クリーン農業による畑地からのCO_2およびCH_4ならびにGHGの排出抑制効果の検証（R1～R3年度）

- **ねらい**：秋まき小麦ーてんさい作付けパターンにおいてクリーン農業によるCO_2およびCH_4の排出抑制効果を検証し、温室効果ガス（GHG）全体の排出抑制効果を明らかにする。
- **試験項目等**：

試験地・試験処理：１）と同じ

調査項目：CO_2フラックス・CH_4フラックス（チャンバー法、線形積算法で排出量を算出）、正味GHG排出量

３）YES!clean登録集団の畑作・露地野菜畑におけるGHG排出の削減量の試算（R3年度）

- **ねらい**：YES!cleanの導入によるGHG排出の削減量を見積もる。
- **方法**：１）で得られたN_2O排出係数および２）で得られた堆肥施用量あたりの炭素貯留量を活用し、堆肥を施用せず慣行レベルの窒素施肥を行った場合から、YES!clean登録集団の畑作・露地野菜畑において堆肥3 t/10aの施用と窒素減肥を導入した場合の正味GHG排出の削減量を試算した。

６．研究成果

１）①秋まき小麦作付圃場のN_2Oフラックスは土壌凍結の融解期頃、追肥の2～3週後、収穫後の堆肥施用直後にそれぞれ高まった。幼穂形成期追肥を窒素減肥したクリーン農業区では慣行施肥区と比べて追肥後のN_2Oフラックスが低下し、積算N_2O排出量（3ヵ年平均）は慣行施肥区より低下した。一方、堆肥多施用区のN_2O排出量は慣行施肥区より上昇した（表1）。

②てんさい作付圃場のN_2Oフラックスは融解期頃および基肥施肥の4週後に高まった。クリーン農業区の積算N_2O排出量（3ヵ年平均）は慣行施肥区より低下した。一方、堆肥多施用区のN_2O排出量は慣行施肥区より高い傾向にあった（表1）。

③いずれの作付でも堆肥由来のN_2O排出係数は化学肥料由来より低かった（表2）。

２）①秋まき小麦・てんさい作付圃場のいずれもCO_2排出量は慣行施肥区よりクリーン農業区で高い傾向であった。しかし、両区の差(24～140 kgC/10a)はクリーン農業区の堆肥施用による炭素投入量(年間238 kgC/10a)で十分相殺でき、投入された炭素の平均73%が土壌中に貯留された。CH_4排出はいずれの処理区からもほとんど検出されなかった（データ略）。

②堆肥施用に伴う炭素貯留を考慮した秋まき小麦、てんさい作付圃場におけるクリーン農業区の正味GHG排出量（3ヵ年平均）は慣行施肥区比（100）でそれぞれ54、10に抑制された（図1）。

３）YES!cleanの登録集団の畑作・露地野菜畑において堆肥3 t/10aの施用と窒素減肥を導入した場合、堆肥を施用せず慣行レベルの窒素施肥を行った場合と比べて、正味GHG排出量は面積あたりで年間0.64～0.75 tCO_2-eq/10a減、総量で年間2.5～2.7万tCO_2-eq減と試算された（H28～R2年の平均、表3）。

４）以上から、畑作・露地野菜畑において堆肥3 t/10aの施用と窒素減肥の組み合わせは温室効果ガスの排出抑制に寄与できる。

＜具体的データ＞

表 1. 秋まき小麦およびてんさい作付圃場における収量、品質、N_2O 排出量（3 ヵ年平均 1)）

作物	処理	化肥窒素施肥量（基-幼-止）2)	堆肥施用量	収量 3)	タンパク	根中糖分	窒素吸収量	N_2O 排出量 4)
		(kgN/10a)	(t/10a)	(kg/10a)	(%)		(kgN/10a)	(kgN/10a)
秋まき小麦	慣行施肥区	14（4-6-4）	0	444（100）	11.4		12.5	0.185（100）
	クリーン農業区	11（4-3-4）	3	606（136）	11.0		15.5	0.022（ 12）
	堆肥多施用区	11（4-3-4）	9	545（123）	11.8		14.4	0.383（207）
てんさい	慣行施肥区	21	0	6,643（100）	15.8		24.7	0.102（100）
	クリーン農業区	18	3	6,661（100）	16.3		22.9	0.051（ 50）
	堆肥多施用区	18	9	7,633（115）	15.5		29.1	0.121（119）

1）堆肥多施用区は 2 ヵ年平均。
2）秋まき小麦の基肥、幼穂形成期追肥、止葉期追肥。
3）秋まき小麦は子実重（水分 13.5%換算）、てんさいは根重（括弧内は慣行施肥区に対する百分比）。
4）秋まき小麦は前年 9 月～8 月の積算、てんさいは 3～10 月の積算（括弧内は慣行施肥区に対する百分比）。

表 2. 化学肥料および堆肥由来の N_2O 排出係数

作物	N_2O 排出係数（%） 化学肥料	堆肥
秋まき小麦	1.86	−1.17～ 0.86
てんさい	0.45	−0.40～−0.06
平均	1.15	−0.78～ 0.40

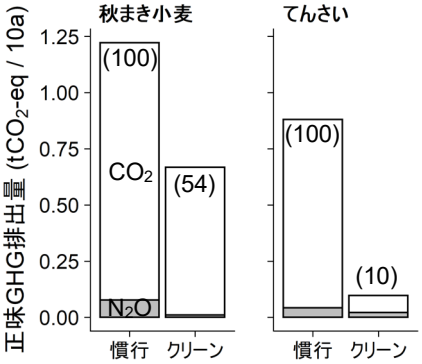

図 1. 慣行施肥区とクリーン農業区の正味 GHG 排出量（3 ヵ年平均）
1）秋まき小麦は前年 9 月～8 月の積算、てんさいは 3～10 月の積算。
2）括弧内は慣行施肥区に対する百分比。
3）CH_4 排出量の寄与は 1%未満のため略。

表 3. YES!clean 登録集団の畑作・露地野菜畑における正味 GHG 排出の削減量の試算

作物	面積 1)	慣行レベル 2) 化肥窒素施肥量	YES!clean 化肥窒素施肥量 3)	YES!clean 堆肥施用量	正味 GHG 排出の削減量 4) 面積あたり	総量
	(10a)	(kgN/10a)	(kgN/10a)	(t/10a)	(tCO_2-eq/10a)	(tCO_2-eq)
ばれいしょ	7,926	11	7	3	0.647～0.694	5,131 ～ 5,505
大豆	5,478	4	0	3	0.647～0.694	3,546 ～ 3,804
えだまめ	4,394	4	0	3	0.647～0.694	2,844 ～ 3,502
たまねぎ	3,836	20	12	3	0.666～0.714	2,557 ～ 2,738
かぼちゃ	3,196	13	7	3	0.657～0.704	2,099 ～ 2,205
その他	13,562	3～54	0～47	3	0.638～0.752	8,905 ～ 9,545
合計/最小～最大	38,392	3～54	0～47	3	0.638～0.752	25,082 ～26,894

1）平成 28～令和 2 年の平均（北海道クリーン農業推進協議会調べ）。
2）「特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」に基づく北海道の化学肥料の慣行レベル。
3）土壌窒素肥沃度「中」の場合。　4）堆肥由来の N_2O 排出係数が高い場合と低い場合の試算（表 2 を参照）。

【用語解説】
- **フラックス**：面積あたりのガス排出速度（$mg/m^2/day$ 等）。
- **正味 GHG 排出量**：CH_4（kgC/10a）と N_2O（kgN/10a）の CO_2（tC/10a）に対する温室効果と堆肥施用による炭素投入量（tC/10a）を考慮した温室効果ガス全体の正味排出量（tCO_2-eq/10a）。

$$\mathrm{GHG} = \left(\mathrm{CO_2} - \text{堆肥施用による炭素投入量}\right)\times\frac{44}{12} + \left(\mathrm{CH_4}\times\frac{16}{12}\times 28 + \mathrm{N_2O}\times\frac{44}{28}\times 265\right)/1000$$

- **N_2O 排出係数**：化学肥料由来の窒素施肥量、あるいは堆肥由来の窒素施用量あたりの N_2O 排出量の割合（%）。

７．成果の活用策

１）成果の活用面と留意点

（１）本成果は北海道クリーン農業推進協議会や行政機関が YES!clean をはじめとするクリーン農業の環境保全効果を生産者、一般消費者等へ情報提供する際に活用される。

（２）本成果は十勝農試圃場（淡色アロフェン質黒ボク土）において牛ふん麦稈堆肥 3 t/10a の施用と窒素減肥に基づく試験結果から得られたものである。

２）残された問題とその対応：なし

８．研究成果の発表等

１）石倉ら（2020）日本土壌肥料学会 2020 年岡山大会 講演要旨集 p.137
２）李ら（2021）日本土壌肥料学会 2021 年北海道大会 講演要旨集 p.136