

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25850013

研究課題名(和文) 田畑輪換体系下における畑地化効果を活用したダイズの生産性向上に関する研究

研究課題名(英文) Effect of the soil physical and chemical properties of upland field converted from no-paddling paddy field on dry matter production and yield in soybean

研究代表者

松波 寿典 (Matsunami, Toshinori)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター生産基盤研究領域・任期付研究員

研究者番号：10506934

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：わが国では土壌物理性が劣る水田転換畑で主に大豆作が行われるため、ダイズの生産性向上のためには土壌の物理的環境や理化学性の改善が重要である。本研究では、大豆作付け前の水稲作において畑地化効果が期待できる水稲無代かき栽培に着目し、前作水稲作付け時の代かきの有無が転換後の根圏域土壌の物理化学性とダイズの収量形成過程に及ぼす影響を解析した。その結果、水稲-大豆の田畑輪換体系下において、大豆作付け前の水稲作を無代かき栽培することで、転換後の大豆作付け時における土壌の窒素状態、排水性、砕土性が良好となり、ダイズの乾物生産能も優れ、登熟後期まで葉色が維持され、収量性は11.1%向上することが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to evaluate the effect of no-paddling to the soil physical and chemical properties of upland field converted from paddy field, and assess the change of soil properties to growth and yield of soybean. The no-paddling improved the soil physical and chemical properties of upland field converted from paddy field such as water permeability, fertility and soil tilth. The leaf expansion, leaf color and dry matter production of the soybean grown under the field after no-paddling paddy field were superior to that grown under the field converted from paddy with paddling. The yield of soybean increased by 11.1% in the upland field converted from no-paddling paddy field. These results showed that the no-paddling was effective to improve soybean production under rice - soybean crop rotation system.

研究分野：作物学、栽培学

キーワード：ダイズ 水田輪作 無代かき 硝酸態窒素 気相率 砕土率 飽和透水係数

### 1. 研究開始当初の背景

現在のわが国のダイズ自給率は7%と極めて低く、ダイズの単収も世界平均の約6割程度(162kg/10a)と低水準となっている。この要因としてダイズは水田転換畑で主に栽培されていることが挙げられる。したがって、水田転換畑におけるダイズの生産性向上のためには、圃場の排水性や碎土性を中心とした土壌の物理性の改善が必須である。また、地力などの土壌理化学性もダイズ収量の変動性に関与する。これらのことから、水田転換畑において根圏域の土壌環境はダイズの収量性に大きな影響を及ぼす生産基盤であると考えられる。

これまでの根圏域土壌環境の改善策として、機械作業的な排水性の改良や農業資材の施用による土壌改良や施肥などが行われ、資源投入型の生産性向上を図る技術開発が主に進められてきた。しかし、上記のような技術を導入する場合、多額の設備投資を要することから、生産農家への経済的負担が課題となった。一方、欧米では三圃式農業を代表として持続的に作物を安定生産するための畑輪作体系が確立されてきた。しかし、わが国の田畑輪換体系下において転換畑作物の生産性を向上させるための輪作体系に関する研究はほとんど行われていない。

そこで、本研究では、土壌物理性や土壌理化学性の改善などの畑地化効果が期待できる水稲栽培法に着目し、新たな設備投資をすることなく、田畑輪換体系下で根圏域土壌の物理化学性を改善し、さらにダイズ生産性も向上させる輪作体系の可能性について検討した。

### 2. 研究の目的

本研究では大豆作付け前の水稲作において畑地化効果が期待できる栽培法として、水稲無代かき栽培に着目し、前作水稲作付け時の代かきの有無が転換後の根圏域土壌の物理化学性とダイズの収量形成過程に及ぼす影響を解析した。そして、水稲無代かき栽培による畑地化効果の発現とその畑地化効果によるダイズ増収メカニズムを解明し、田畑輪換体系下における畑地化効果を活用したダイズ生産性向上の技術開発に資することを目的とする。

### 3. 研究の方法

秋田県大仙市の連用水田の水田転換畑(細粒グライ土)と秋田県秋田市のローテーション間隔が水稲1年-大豆1年の水田転換畑(細粒強グライ土)において、2014年に試験を実施した。大豆播種前年の水稲作では同一圃場内に代かき区と無代かき区を設け、大仙

市は6月23日、秋田市は6月19日に大豆品種リュウホウを25.2粒/m<sup>2</sup>(畝間33cm×株間12cm, 1粒播; 播種量7.1kg/10a)でドライブハローシーダーを用いて播種し、無肥料で栽培した。中耕・培土は行わず、その他の栽培管理は慣行法に準じた。

播種前に作土表層(深さ5cm)の土壌をサンプリングし、土壌の理化学性、物理性、生物性を調査した。また、播種時に碎土率を調査した。生育期間中はサンプリングを行い、LAI(単位面積当たり分布する葉の面積)、地上部乾物重を、登熟後期に葉色値を調査した。成熟期には収量、収量構成要素を調査した。

### 4. 研究成果

- (1) 前作水稲作付け時における代かきの有無が土壌環境に及ぼす影響



第1図 大豆作付け時における耕起前の土壌表面(上図; 無代かき後, 下図; 代かき後)

無代かき後の土壌表面には細かい亀裂が入り、団粒性が富む土壌表面であるのに対して、代かき後の土壌表面は単粒化した土壌の塊が分布し、その土塊の間に亀裂が入っている土壌表面となる。耕起した場合、無代かき後の方が碎土し易い特徴を持つ。

本研究では試験を実施した大仙市圃場と秋田市圃場で土壌環境は著しく異なった。大仙市の圃場は秋田市に比べ、カリウムと硝酸態窒素が多く、排水性が優れていた(第1表)。一方、秋田市の圃場は大仙市に比べ、リン酸が多い特徴がみられた。

両試験圃場とも水稲代かき栽培後(以下、代かき後)に比べ、水稲無代かき栽培後(以下、無代かき後)の土壌では硝酸態窒素が多く、気相率が高かった(第2表)。また、気相率の向上に伴い、排水性が改善されることが示唆された(第2図)。一方、土壌の生物性に前作水稲作付け時の代かきの有無による明瞭な影響は認められなかった(第3表)。

これらのことから、代かき後に比べ、無代かき後では、土の窒素栄養状態が良く、団粒構造の発達や排水性も優れ、畑地化がより促進されることが明らかとなった。

第 1 表 前作水稲作付時における代かきの有無が土壌の理化学性に及ぼす影響。

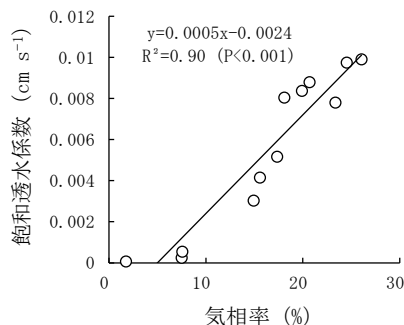
場所	処理区	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Truog, mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100g <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mgK <sub>2</sub> O100g <sup>-1</sup> )	熱水抽出 性窒素 (mg100g <sup>-1</sup> )	全窒素 (%)	硝酸態 窒素 (mg100g <sup>-1</sup> )	アンモニ ア態窒素 (mg100g <sup>-1</sup> )
大仙市	無代かき	20.3	52.3	4.93	0.258	3.54	1.14
	代かき	16.3 (125)	44.3 (118)	4.76 (104)	0.275 (94)	2.89 (122)	1.38 (83)
秋田市	無代かき	24.7	26.4	3.15	0.163	1.48	0.54
	代かき	21.7 (114)	27.8 (95)	2.95 (107)	0.155 (105)	1.23 (121)	0.52 (103)
分散 分析	場所	ns	***	***	***	**	***
	処理区	ns	ns	ns	ns	†	ns
	交互作用	ns	†	ns	†	ns	ns

表中の値は平均値 (n=4) を、†, \*\*, \*\*\*はそれぞれ10%, 1%, 0.1%水準で有意であることを、nsは有意でないことを表す。表中の括弧内の値は代かき区を100%とした時の無代かき区の相対値を示す。

第 2 表 前作水稲作付時における代かきの有無が土壌の物理性に及ぼす影響。

場所	処理区	気相率 (%)	液相率 (%)	固相率 (%)	易有効水 分孔隙率 (%)	容積重	飽和透水 係数 (cm s <sup>-1</sup> )
大仙市	無代かき	18.1	55.4	26.5	9.9	0.70	0.8×10 <sup>-2</sup>
	代かき	15.6	58.8	25.6	10.6	0.68	0.4×10 <sup>-2</sup>
秋田市	無代かき	7.5	49.7	42.9	7.0	1.15	2.5×10 <sup>-4</sup>
	代かき	1.8	51.8	46.3	6.1	1.23	0.7×10 <sup>-4</sup>
分散 分析	場所	***	***	***	***	***	***
	処理区	*	**	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	*	†	*	ns

表中の値は平均値 (n=4) を、†, \*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ10%, 5%, 1%, 0.1%水準で有意であることをnsは有意でないことを表す。



第 2 図 本研究における気相率と飽和透水係数の関係。

第 3 表 前作水稲作付時における代かきの有無が土壌の生物性に及ぼす影響。

場所	処理区	α-グルコシ ダーゼ活性 (pmol g <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	土壌微生物 多様性・活性値 (SMDVV)
大仙市	無代かき	1510	534830
	代かき	1525	524245
秋田市	無代かき	1086	550735
	代かき	1107	385193
分散 分析	場所	***	ns
	処理区	ns	ns
	交互作用	*	ns

表中の値は平均値 (n=4) を、\*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ 5%, 0.1%水準で有意であることを、nsは有意でないことを表す。

(2) 前作水稲作付時における代かきの有無がダイズの収量形成過程に及ぼす影響

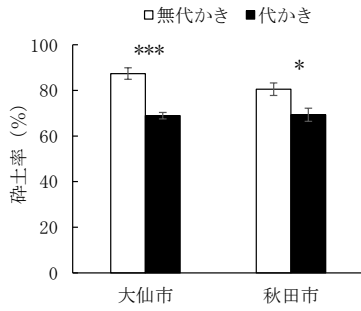


第 3 図 前作水稲作付時における代かきの有無が播種後 30 日のダイズの生育に及ぼす影響 (左; 代かき後, 右; 無代かき後)。

無代かき後で栽培したダイズは代かき後で栽培したダイズに比べて、葉が大きく根の量も多い生育を示す。

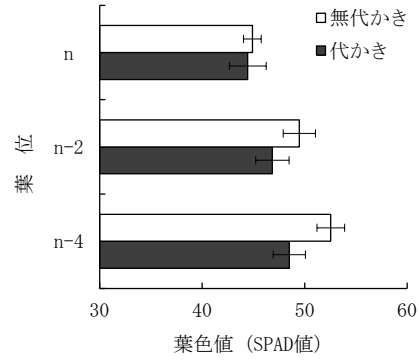
代かき後に比べ、無代かき後の土壌は砕土率が高く (第 4 図), 易耕性に優れていた。また、無代かき後で栽培したダイズは、開花期前後の地上部乾物重が重く (第 5 図), 生育期間を通して LAI の推移が高かった (第 6 図)。さらに、登熟後期において、無代かき後で栽培したダイズでは、葉色が維持される傾向がみられた (第 7 図)。

これらのことから、代かき後で栽培したダイズに比べ、無代かき後で栽培したダイズは葉面積を大きく展開することで開花期前後の乾物生産能を高め、登熟後期は優れた窒素吸収能を発揮することで、乾物生産能を維持していることが示唆された。そして、申請者がこれまで実施してきた試験と本研究を含めた 4 ヶ年 6 作期の試験結果から、前作水稲作付時に水稲を無代かき栽培することで、後作のダイズの収量性は 11.1% 向上することが明らかとなった (第 8 図)。



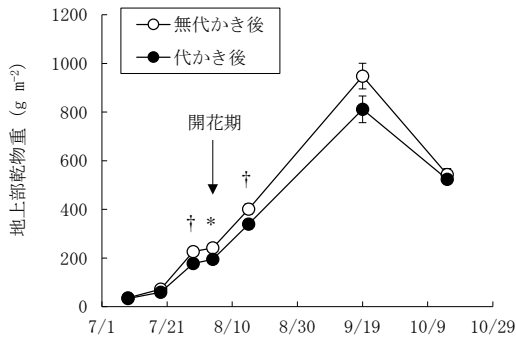
第 4 図 前作水稲作付時における代かきの有無が大田播種前の事前耕起 (1 回目) 時の碎土率に及ぼす影響.

図中の\*, \*\*\*はそれぞれ 5%, 0.1%水準で有意差 (t 検定) があることを示し, 棒線は標準誤差を表す.



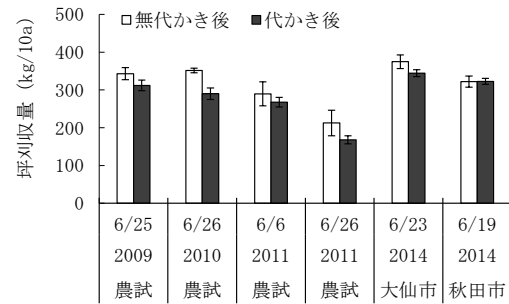
第 7 図 前作水稲作付時における代かきの有無が登熟後期 (9 月 19 日) の葉色に及ぼす影響 (大仙市).

n は最上位完全展開葉を示す. 図中の棒線は標準誤差を表す.



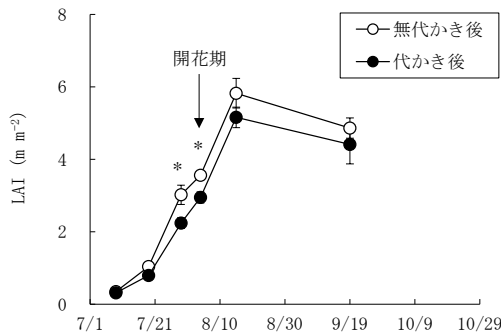
第 5 図 前作水稲作付時における代かきの有無が地上部乾物重に及ぼす影響 (秋田市).

図中の†, \*はそれぞれ 10%, 5%水準で有意差 (t 検定) があることを示し, 棒線は標準誤差を表す.



第 8 図 前作水稲作付時における代かきの有無が収量性に及ぼす影響.

図中の棒線は標準誤差を表す.



第 6 図 前作水稲作付時における代かきの有無が地上部乾物重に及ぼす影響 (秋田市).

図中の\*は 5%水準で有意差 (t 検定) があることを示し, 棒線は標準誤差を表す.

以上より, 水稲-大豆の田畑輪換体系下において, 大豆作付け前の水稲作を無代かき栽培することで, 転換後の大豆作付け時における土壌の窒素状態, 排水性, 碎土性が良好となり, ダイズの乾物生産能も優れ, 登熟後期まで葉色が維持され, 収量性は 11.1%向上することが明らかとなった.

このように本研究では, 田畑輪換体系下において畑地化の促進とダイズの生産性向上を両立できる水稲無代かき栽培を導入した輪作体系の有用性を提示することができた.

これまで, わが国の稲作りは, 代かきが生産基盤の前提となり, 稲作技術が進展してきた. しかし, 現在, 米の消費低迷や米価の下落に伴い, 米の生産調整が義務付けられ, 大豆など自給率の低い戦略作物を導入した水田輪作に関する研究の進展が期待される. この点に関しても, 新たな設備投資をすることなく, 田畑輪換体系下において転換畑作物の生産性向上を実証した本研究の成果は意義

深いと考えられる。今後は、生産現場における水稲無代かき栽培の普及と畑地化を進展させる田畑輪換体系に関する研究の進展が期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計2件）

- ① 松波寿典，井上一博，工藤忠之，伊藤信二，長沢和弘，柴田康志，神崎正明，千田洋，二瓶直登，荒井義光，小林浩幸，山下伸夫。2010年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育，収量，品質に及ぼした影響。日本作物学会紀事82：386－396。2013年，査読有
- ② 松波寿典，新田見浩由，佐藤朋和，伊藤亮一，池田武。開花期の水ストレスが異なる伸育型ダイズの収量および収量構成要素に及ぼす影響。日本作物学会紀事82：141－149。2013年，査読有

〔学会発表〕（計2件）

- ① 松波寿典，進藤勇人，佐藤敬亮，佐藤雄幸。グライ土壌の水田転換畑において前作水稲無代かき栽培後に狭畦密植栽培した大豆の生育，収量。第239回日本作物学会，2015年3月28日，日本大学（神奈川県藤沢市）
- ② 松波寿典。土壌水分および気温の変動に対応したダイズの生産性向上に関する研究（第18回日本作物学会研究奨励賞受賞講演），第237回日本作物学会，2014年3月29日，千葉大学（千葉県千葉市）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松波 寿典 (Matsunami Toshinori)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・生産基盤研究領域・任期付研究員  
研究者番号：10506934