

鶏ふんペレットを活用した小麦「さぬきの夢2009」の 減化学肥料栽培

河原 望遥^{a)}・三木 哲弘^{a)}・多田 祐真^{a)}・森 芳史^{a)}・中西 充^{b)}・中井 清裕^{b)}

キーワード：鶏ふん，減化学肥料栽培，小麦

Cultivation of wheat 'Sanukinoyume 2009' using chicken manure with reduced chemical fertilizer.

Miharu KAWAHARA^{a)}, Tetsuhiro MIKI^{a)}, Yuma TADA^{a)}, Yoshifumi MORI^{a)}, Mitsuru NAKANISHI^{b)}, Kiyohiro NAKAI^{b)}

Keywords: chicken manure, cultivation with reduced chemical fertilizer, wheat

Abstract

Given the growing emphasis in recent years on reducing the environmental impact of agricultural production and urgent calls to effectively use organic materials such as compost, in this study, we investigated the cultivation of wheat cultivar 'Sanukinoyume 2009' with reduced chemical fertilizer input using chicken manure pellets as basal fertilizer.

1. In the 2022 sowing trial, plants in the plot receiving 300 kg/10 a of chicken manure pellets as basal fertilizer were shorter, had fewer stems, and had lighter colored leaves (SPAD) than plants in the conventional plots and exhibited deficient growth during the early to mid-growth stages. In the agricultural experiment station trial, yield (weight of harvested grains) was 22 to 27% lower for the chicken manure plots compared to the conventional plots. However, in the field demonstration trial, no differences in yield were observed between the chicken manure and conventional plots.
2. In the 2023 sowing trial, plants in plots receiving 300 kg/10 a of chicken manure pellets and 3.0 kg/10 a of ammonium sulfate as basal fertilizer exhibited similar growth to plants in the conventional plots. In the agricultural experiment station trial, yield of the treatment plots was similar to that of the conventional plots. In the field demonstration trial, yield of the treatment plots was the same or greater than that of the conventional plots.
3. Regarding the agricultural experiment station trials, in the 2023 sowing trial that resulted in yield equivalent to the conventional fertilizer regime, chemical fertilizer use was reduced by 60 to 64% in the plots receiving chicken manure pellets.
4. The results of this study suggest that, given the high variability in fertilizer content that is characteristic of chicken manure pellets, adding a small amount of chemical fertilizer to the pellets and applying at 300 kg/10 a is effective as a basal fertilizer.

a) 作物・特作研究課 b) 病虫・環境研究課

受理日：2024年11月1日

摘 要

近年、農業生産における環境負荷の低減を重視する動きがある中で、堆肥等の有機質資材の有効活用が喫緊の課題であることから、本研究では、基肥に鶏ふんペレットを活用した小麦「さぬきの夢2009」の減化学肥料栽培について検討した。

1. 2022年播き試験では、基肥として鶏ふんペレットを300kg/10a施用した区は、慣行区に比べ、草丈が低く、茎数が少なく、葉色（SPAD）はうすく推移し、生育初期～中期にかけて生育量が不足した。精玄麦重については、農業試験場内試験では、慣行区の22～27%減となった。一方で、現地実証試験では、慣行区と差は見られなかった。
2. 2023年播き試験では、基肥として鶏ふんペレット300kg/10aと、硫酸を窒素成分で3.0kg/10aを混合施用した区は、慣行区に比べ、ほぼ同等の生育であり、精玄麦重については、農業試験場内試験では、慣行区とほぼ同等となった。現地実証試験では、慣行区に比べ、同等もしくは多くなった。
3. 農業試験場内試験において、慣行区と同等の収量を得た2023年播きでは、鶏ふんペレット施用区の化学窒素肥料の削減率は、60～64%であった。
4. 鶏ふんペレットは肥料特性上、成分含有率にばらつきがあることから、肥効を補完するためには、基肥として鶏ふんペレット300kg/10aに、少量の化学肥料を混和し施用する方法が有効であると考えられた。

緒 言

全国的な農業生産の担い手の不足や高齢化の進展、肥料価格の高騰など、農業生産を取り巻く環境が厳しさを増すなか、世界的にSDGs（持続可能な開発目標）への対応が重視され、食料の安定供給や農林水産業の持続的発展と地球環境保護の両立が強く要求されている。

農林水産省は、2021年にこれをイノベーションで実現する「みどりの食料システム戦略」を策定し、2022年には「環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律（みどりの食料システム法）」に基づき、生産から消費まで環境負荷低減のための取組みをさらに推進していくこととしている。また、国際情勢の変化により顕在化した、化学肥料原料の調達リスクを踏まえて、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を、2050年に30%低減すると

して、過度な輸入依存からの脱却に向けて、堆肥等の国内資源を有効活用する方向性が示されている。

これまで小麦栽培において、香川県では、化学肥料の価格高騰対策として、低リン酸・低カリウム肥料の開発や利用を推進してきたが、堆肥等の有機質資材を活用した小麦の減化学肥料栽培技術は開発されていない。その背景には、小麦は、水稻と比較して肥料要求度が高く、化学肥料を施用しないと収量が低下しやすいことが挙げられる（小野ほか¹⁾）。現に、香川県で小麦「さぬきの夢2009」を栽培している生産者のうち、99.3%は化学肥料により栽培している（2020年度小麦実態調査（未公表））。一方で、香川県は養鶏が盛んであり、その排せつ物である鶏ふんは、他の家畜堆肥（豚ふん、牛ふん）に比べるとC/N比が低く、分解が早いいため、施用当初から窒素の放出が多く、化学肥料に近い効果が期待できる（香川県²⁾）。また、発酵させた鶏ふんを高温で処理し、ペレット状にした鶏ふんペレットが販売されており、生鶏ふんや乾燥鶏ふんと比較して、散布時の飛散がなく機械散布にも適している。しかし、鶏ふん等の堆肥を活用するためには、小麦栽培における生育等への影響を明らかにする必要がある。

また、スマート農業技術の1つであるセンシング診断技術は、作物の生育状況をより省力的に把握する手法である。この技術を活用し、小麦の生育状況を把握し、それぞれのほ場の実態に合わせ、追肥として必要最低限の化学肥料を施用することにより、化学肥料の使用量の削減が可能であると考えられる。

そこで、本研究では、小麦「さぬきの夢2009」の栽培において、鶏ふんペレットの施用が生育・収量・品質等に及ぼす影響について調査するとともに、センシング診断技術を活用した減化学肥料栽培の体系について検討したので報告する。

材料及び方法

試験1. 基肥における鶏ふんペレットのみの施用による影響（2022／2023年）

1) 2022年播き農業試験場内試験

香川県農業試験場の306号地に2022年11月17日に小麦「さぬきの夢2009」を播種量8kg/10aで畝幅180cmの条間20cm、6条の南北の逆転耕の平高畝ドリル播きした。

前作の稲わらは、水稻のコンバイン収穫時に細断し、全量すき込んだ。試験区の概要は表－1のとおりである。追肥は携帯型NDVI（normalized difference vegetation index, 正規化植生指数）センサーであるGreenSeeker

表－１ 2022年播きの農業試験場内試験の概要（/10a）

	土壌改良 資材	基肥	追肥 1		追肥 2		化学窒素削 減率（％）
施用日	11/10	鶏ふんペレット：11/10 慣行区：11/17		1 /17	鶏ふんペレット：3/3 慣行区：3/3		
試験区	苦土石灰 (kg/10a)	肥料	施用 窒素量 (kg)	肥料	施用 窒素量 (kg)	肥料	施用 窒素量 (kg)
鶏ふんペレット区	－	鶏ふんペレット	9.0	－	－	402化成	5.0
慣行区 (基肥一発体系)	100	さぬきの夢一発	14.0	－	－	－	－
慣行区 (分施肥体系)	100	402化成	4.9	402化成	3.5	402化成	4.2

注 1) 基肥は全層施肥

注 2) 苦土石灰：アルカリ度53%, 可溶性苦土15% (研農社製)

鶏ふんペレット：N-P₂O₅-K₂O：3.0-5.2-4.3 (富士見工業社製)

さぬきの夢一発：N-P₂O₅-K₂O：20-12-12 (速効性 (45%) -エムコート20 (35%) -グッドIB (20%))

402化成 (くみあい硫加燐安402)：N-P₂O₅-K₂O：14-10-12

表－２ NDVI値から算出した窒素追肥量 (kg/10a)

	NDVI値		
	0.58未満	0.58～0.62	0.63以上
	多	標準	少
追肥量	5.0	3.5	2.0

注 1) NDVIは、近赤外線の反射率 (NIR) と赤の反射率 (R) を利用して、 $(NIR - R) / (NIR + R)$ で計算され、値は－1 から 1 までの間で、値が大きいほど生育が良いと判断される。NDVI値は、GreenSeeker Handheld Crop Sensor (ニコン・トリンブル社) で計測

ハンドヘルド作物センサー (ニコン・トリンブル社製、以下「GreenSeeker」という。) を用いて生育状況を測定し、表－２に基づき施用量を決定した。NDVIは、近赤外線の反射率 (NIR) と赤色光の反射率 (R) を利用して、 $(NIR - R) / (NIR + R)$ で計算され、値は－1 から 1 までの間で、値が大きいほど生育が良いと判断される (大段³⁾)。河田・中西⁴⁾ は、GreenSeekerで計測したNDVI値は草丈、茎数、葉色 (SPAD) の各要素の動向を反映した生育指標値と相関があることを明らかにしている。1 区面積は27.0m²とし、2 反復設けた。

各試験区に生育調査枠を畝の東西 2 カ所 (50cm の正方形の枠) に設け、枠内 3 条を調査した。生育調査は、草丈、葉色 (SPAD) は枠内10個体、茎数は枠内全てを経時的に調査した (2022年12月16日、2023年 1 月16日、2 月16日、3 月 3 日、3 月17日、4 月19日の計 6 回)。葉色 (SPAD) の計測には、葉緑素計SPAD-502 (コニカミノルタ社製) を用いて、展開第 2 葉を測定し平均値を求めた。また、本研究ではセンシング診断を行うため、代表的な植生指数であるNDVIを測定した。NDVI 値の測定は、2 つの方法で実施した。1 つ目は、GreenSeekerを用い、地上高約 1 m でGreenSeekerをワイパー状に動かし (村田・稲村⁵⁾)、10秒間に 5 回程度、

断続的に照射・測定し、8 カ所 (畝の東側から 4 カ所、西側から 4 カ所) の平均値をその試験区のNDVI値とした。2 つ目は、ドローンを用いた計測を行った。ドローンは、P4 Multispectral (DJI社、以下P4M) を使用し、ドローン自動操縦システム (iOS・タブレット端末専用アプリ「DJI GS Pro」) でタブレット端末及び送信機を通じてドローンの飛行、撮影等を制御した。飛行高度 30m、オーバーラップ (重複率) 80%に設定し、ドローンに搭載されているマルチスペクトルカメラで画像データを取得した。取得した画像データは、画像解析ソフト Pix4Dmapper (Pix4D社) を用い、解析した。

成熟期調査は、稈長、穂長、穂数を測定し、収量・品質調査は、全重、わら重、精玄麦重、屑麦重、ブラウエル容積重、千粒重、タンパク質含有率、灰分をそれぞれ測定した。タンパク質含有率は、食味分析計GS-2000 (静岡製機社製) を用いて測定した。灰分は、小麦品質検定法⁶⁾ に準じて測定した。外観品質は、農産物検査登録検査機関による評価で、1 上、1 中、1 下、2 上、2 中、2 下、規格外の 7 段階評価とした。

土壌分析は、基肥施用前 (苦土石灰施用前)、追肥前、収穫時の 3 回、表層を除いた深さ約10cmまでの土壌を、対角線採土法 (土壌環境分析法⁷⁾) に準じて採取し、風乾後、2 mm の篩に通したものを分析した。

土壌分析項目は、pH、EC、陽イオン交換容量 (以下、CEC)、全炭素、全窒素、無機態窒素、リン酸、交換性塩基 (カリウム、カルシウム、マグネシウム) とした。pH、全炭素、全窒素、リン酸、交換性塩基は、土壌環境分析法⁷⁾、CECは土壌物理環境測定法⁸⁾ に準じて分析した。無機態窒素は、水溶性の硝酸態窒素とアンモニア態窒素をイオンクロマトグラフで分析して評価した。

植物体分析は、収量・品質調査に用いた小麦の一部を供試し、穂及びわらの新鮮重量を測定した後、80℃で通

表－3 2022年播きの現地実証圃場の概要（/10a）

場所	基肥			中間追肥		追肥		化学窒素削減率（％）
	肥料	施用窒素量 (kg)		肥料	施用窒素量 (kg)	肥料	施用窒素量 (kg)	
さぬき市	慣行区	PKセーブエコ488	5.6	PKセーブエコ488	2.8	オール14	2.8	82
	実証区	鶏ふんベレット	9.0	－	－	402化成	2.0	
まんのう町	慣行区	さぬきの夢一発	12.0	－	－	－	－	58
	実証区	鶏ふんベレット	9.0	－	－	402化成	5.0	
観音寺市	慣行区	さぬきの夢一発	8.2	－	－	－	－	76
	実証区	鶏ふんベレット	9.0	－	－	402化成	2.0	

注1）PKセーブエコ488（N-P₂O₅-K₂O：14-8-8），オール14（N-P₂O₅-K₂O：14-14-14）

注2）慣行区の基肥施用前に苦土石灰をまんのう町は100kg/10a，さぬき市は60kg/10aを施用した。

注3）実証区の追肥は，2023年3月2日に施用

表－4 2023年播きの農業試験場内試験の概要（/10a）

施用日	土壌改良 資材	基肥		追肥 1		追肥 2		化学窒素削 減率（％）
	11/8	鶏ふんペレット：11/8 慣行区：11/17		2/19		鶏ふんペレット：3/1 慣行区：3/1		
試験区	苦土石灰 (kg)	肥料	施用 窒素量 (kg)	肥料	施用 窒素量 (kg)	肥料	施用 窒素量 (kg)	
鶏ふんペレット ＋硫安 3 N区	－	鶏ふんペレット	11.7	－	－	402化成	2.0	60～64
		硫安	3.0					
鶏ふんペレット ＋硫安 0 N区	－	鶏ふんペレット	11.7	－	－	402化成	3.5	72～82
慣行区 (基肥一発体系)	100	さぬきの夢一発	14.0	－	－	－	－	－
慣行区 (分施肥体系)	100	402化成	4.9	402化成	3.5	402化成	4.2	－

注1）基肥は全層施肥

注2）鶏ふんペレット：N-P₂O₅-K₂O：3.9-3.5-2.9（富士見工業社製）
硫安：N：21（宇部興産社製）

風乾燥し，乾燥重量を測定した。その後，各部位ごとに，粉碎機 Cyclotec 1093 Sample Mill（FOSS社製）で粉碎したものを分析した。分析項目は，窒素，リン酸，カリウム，カルシウム，マグネシウムとした。

鶏ふんペレットの成分分析項目は，窒素，リン酸，カリウム，カルシウム，マグネシウムとした。

植物体分析及び鶏ふんペレットの成分分析は，水野ほか⁹⁾の方法と土壌，水質及び植物体分析法¹⁰⁾に準じて分析した。

2）2022年播き現地実証試験

香川県内東中西部3カ所（さぬき市，まんのう町，観音寺市）において，現地実証試験を実施した。生産者慣行を慣行区とし，実証区は農業試験場内試験の鶏ふんペレット区と同様の設計とした。各現地実証は場の概要は表－3のとおりである。

試験2．基肥における鶏ふんペレットと硫安の混和による影響（2023／2024年）

結果及び考察でも論じるが，試験1の結果を踏まえ，初期生育の改善のために基肥として鶏ふんペレットに硫安を混和させた試験区を設置した。

1）2023年播き農業試験場内試験

2023年11月17日に小麦「さぬきの夢2009」を試験1－1）と同様に播種した。試験規模も同じとした。

各試験区の概要は表－4のとおりである。追肥以降の作業については，試験1－1）と同様であるが，鶏ふんペレット＋硫安0N区においては，センシング診断を実施せずに追肥を施用した。

調査方法は，試験1－1）と同様で，生育調査は，2023年12月18日，2024年1月16日，2月16日，3月14日，4月15日の計5回行った。

2）2023年播き現地実証試験

香川県内東中西部3カ所（高松市，まんのう町，観音寺市）で，実証試験を行った。実証区は試験2－1）の鶏ふんペレット＋硫安3N区と同様の設計で行った。各

表－５　2023年播きの現地実証試験圃場の概要（/10a）

場所		基肥		中間追肥		追肥		化学窒素 削減率（％）
		肥料	施用 窒素量（kg）	肥料	施用 窒素量（kg）	肥料	施用 窒素量（kg）	
高松市 （初年目）	慣行区	さぬきの夢一発	8.0	－	－	－	－	59
		硫安	4.2					
	実証区	鶏ふんペレット	11.7	－	－	402化成	2.0	
		硫安	3.0					
まんのう町 （２年目）	慣行区	さぬきの夢一発	12.0	－	－	－	－	46
		鶏ふんペレット	11.7					
	実証区	鶏ふんペレット	11.7	－	－	402化成	3.5	
		硫安	3.0					
観音寺市 （２年目）	慣行区	さぬきの夢一発	8.2	－	－	－	－	39
		鶏ふんペレット	11.7					
	実証区	鶏ふんペレット	11.7	－	－	402化成	2.0	
		硫安	3.0					

注１）まんのう町の慣行区は基肥施用前に苦土石灰100kg/10aを施用した。

注２）実証区の追肥は、2024年２月28日に施用

表－６　2022年播き及び2023年播きで使用した鶏ふんペレットの品質表示値及び分析値（％）

		C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N比
鶏ふんペレット（2022年）	品質表示値	—	3.0	5.2	4.3	25.0	—	8.0
	分析値	25.76	3.36	6.54	4.45	5.30	2.00	7.66
鶏ふんペレット（2023年）	品質表示値	—	3.9	3.5	2.9	—	—	6.0
	分析値	26.27	4.27	3.65	2.51	10.37	1.24	6.15

注）（）内は、鶏ふんペレットを使用した播き年

表－７　生育調査の結果（2022年播き農業試験場内試験）

試験区名	12/16						1/16					2/16					3/3										
	出芽数	草丈	茎数	葉色	NDVI	NDVI	草丈	茎数	葉色	NDVI	NDVI	草丈	茎数	葉色	NDVI	NDVI	草丈	茎数	葉色	NDVI	NDVI						
	(本/㎡)	(cm)	(本/㎡)	(SPAD)	(GS)	(P4M)	(cm)	(本/㎡)	(SPAD)	(GS)	(P4M)	(cm)	(本/㎡)	(SPAD)	(GS)	(P4M)	(cm)	(本/㎡)	(SPAD)	(GS)	(P4M)						
慣行区 (分施体系)	251	15.8 a	256 a	40.7 a	0.28 a	0.26 a	18.4 a	1149 a	47.6 a	0.56 a	0.59 a	22.8 a	1310 a	40.2 a	0.71 a	0.72 a	29.5 a	1325 a	38.4 a	0.79 a	0.83 a						
慣行区 (基肥一発体系)	276	16.2 a	277 a	40.1 a	0.29 a	0.25 a	18.2 a	1176 a	48.4 ab	0.56 a	0.59 a	23.6 a	1436 a	41.4 a	0.71 a	0.71 a	31.0 a	1411 a	37.8 a	0.78 a	0.80 a						
実証区 (鶏ふんペレット)	257	15.6 a	261 a	38.1 a	0.26 a	0.22 a	15.9 b	900 b	43.5 a	0.49 b	0.47 b	20.2 b	934 b	36.0 b	0.53 b	0.55 b	21.2 b	887 b	28.3 b	0.56 b	0.66 b						
分散分析	—	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**	**	**	*						
試験区名	3/16						4/19					幼穂形成				節間伸長				出穂期				成熟期			
	草丈	茎数	葉色	NDVI	NDVI		草丈	茎数	葉色	NDVI	NDVI	始期	開始期			始期	開始期			始期	開始期			始期	開始期		
	(cm)	(本/㎡)	(SPAD)	(GS)	(P4M)		(cm)	(本/㎡)	(SPAD)	(GS)	(P4M)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)
慣行区 (分施体系)	50.9 a	1233 a	43.0 a	0.82 a	0.81 a		88.1 a	881 a	43.0 a	0.81 a	0.90 a	2/13	3/2	4/2	5/30												
慣行区 (基肥一発体系)	51.0 a	1276 a	39.3 a	0.81 a	0.81 a		88.5 a	798 a	38.1 a	0.81 a	0.86 ab	2/12	3/2	4/2	5/30												
実証区 (鶏ふんペレット)	35.0 b	805 b	32.2 b	0.59 b	0.61 b		76.9 b	609 b	39.4 a	0.77 b	0.83 b	2/14	3/4	4/3	5/31												
分散分析	**	**	*	**	**		**	**	ns	**	*	—	—	—	—												

注１）NDVIIは、近赤外線の反射率（NIR）と赤の反射率（R）を利用して、（NIR-R）／（NIR+R）で計算され、値は-1 から1 までの間で、値が大きいほど生育が良いと判断される。

注２）分散分析の結果、**：1％水準で有意性あり、*：5％水準で有意性あり、ns：5％水準で有意性なしを示す。

異なる英小文字が付された値は、Tukeyの多重比較において処理区間に5％水準で有意差があることを示す。

現地実証は場の概要は表－５のとおりである。

結果及び考察

１．鶏ふんペレットの成分分析

2022年及び2023年播きの試験で使用した鶏ふんペレットは同一会社の製造であるが、品質表示の成分含有率が

異なった。2022年播きに使用した鶏ふんペレットの窒素含有率3％に対して、2023年播きでは、窒素含有率3.9％と3割高く、その分、小麦への窒素供給量が多くなると考えられた（表－６）。さらに、鶏ふんペレットを分析したところ、成分含有率は、品質表示の値とも異なっていた。

表－8 成熟期・収量・品質調査の結果（2022年播き農業試験場内試験）

試験区名	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 (0～5)	全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精玄 麦重 (kg/10a)	同左 比率 (%)	屑麦重 (kg/10a)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	タンパク質 含有率 (%)	灰分 (%)	外観 品質 (1～7)
慣行区 (分施肥系)	86.4 a	9.1	773 a	4.0	1471 a	583 a	645	(100)	33 a	816	39.6	9.0	1.64 ab	4.5
慣行区 (基肥一発体系)	85.8 a	8.6	759 a	4.0	1288 ab	509 ab	600	(100)	8 b	825	42.4	8.2	1.58 a	3.5
実証区 (鶏ふんペレット)	73.3 b	8.4	525 b	3.0	965 b	355 b	469	73 78	11 b	823	41.5	8.3	1.68 b	2.5
分散分析	**	ns	**	—	*	*	ns	— —	**	ns	ns	ns	*	—

注1) 精玄麦重、千粒重は2.2mmのふるいで調製し、水分12.5%に換算した値とした。

容積重は2.2mmのふるいで調製したものを、ブラウエル穀粒計で計測した。

タンパク質含有率は静岡製機社製食味分析計（GS-2000）による水分13.5%換算値とした。

外観品質は1：1等上 2：1等中 3：1等下 4：2等上 5：2等中 6：2等下 7：規格外の7段階評価とし、農産物検査登録検査機関による。

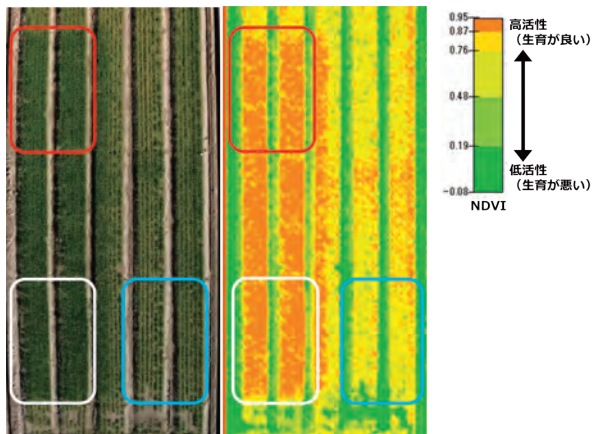
注2) 分散分析の結果、**：1%水準で有意性あり、*：5%水準で有意性あり、ns：5%水準で有意性なしを示す。

異なる英小文字が付された値は、Tukeyの多重比較において処理区間に5%水準で有意差があることを示す。

表－9 土壌分析の結果（2022年播き農業試験場内試験）

	土壌採取 時期	pH	EC (mS/cm)	CEC (cmolc/kg)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	無機態 窒素 (mg/100g)	リン酸 (mg/100g)	カリ ウム (mg/100g)	カル シウム (mg/100g)	マグネ シウム (mg/100g)
農業 慣行区、実証区（同一ほ場）	基肥前	6.2	0.09	9.56	0.17	1.55	—	26	12	158	28
試験場内 慣行区（分施肥系）	収穫時	5.8	0.19	—	0.18	1.66	—	34	8	172	32
慣行区（基肥一発体系）	収穫時	6.3	0.06	—	0.18	1.68	—	35	10	167	32
実証区（鶏ふんペレット）	収穫時	6.3	0.07	—	0.18	1.68	—	39	13	170	33

注) 土壌採取時期の基肥前は、苦土石灰の施用前である



図－1 農業試験場内での茎立期（3月3日）のP4Mによる航空写真（左）及び解析画像（右）
赤枠：慣行区（分施肥系）、白枠：慣行区（基肥一発体系）、青枠：実証区（鶏ふんペレット）

は追肥施用後、慣行区並みに回復した。NDVI値は、草丈・茎数・葉色の実測値と同様な生育を表しており、1月16日以降の値が慣行区（分施肥系、基肥一発体系）より小さく推移した。3月3日のP4Mの値がやや高かったが、GreenSeekerとP4Mはおおむね同じ値を示した。3月3日の調査では、GreenSeekerのNDVI値が低く示されたので、表－2に基づき鶏ふんペレット区の追肥量を多く（窒素成分で5.0kg/10a）設定した。また、P4Mによる空撮で得られた解析画像でも鶏ふんペレット区の生育量の不足が明らかであった（図－1）。

成熟期調査では、慣行区（分施肥系）と比べ、稈長が短く、穂数が少なかった。穂長も短くなる傾向が見られた。倒伏程度は、稈長が短かったため慣行区（分施肥系、基肥一発体系）より小さかった（表－8）。

収量調査では、慣行区（分施肥系）に比べ、全重、わら重が軽かった。精玄麦重は慣行区（分施肥系、基肥一発体系）の22～27%減となった。原因として、稈長が短かったこと、穂数が少なかったことが影響していると考えられた。また、鶏ふんペレット区は初期から中期の生育量が少なく、NDVI値を用いて生育診断を実施し、施肥基準（表－2）に基づいて追肥量を多くしても慣行区と同等の精玄麦重、また、タンパク質含有率を上げることができなかった。灰分は、慣行区（基肥一発体系）より高くなった。外観品質は、鶏ふんペレット区のみ1等であった。土壌分析の結果は表－9のとおりである。

2. 基肥における鶏ふんペレットのみの施用による影響（2022／2023年）

1) 2022年播き農業試験場内試験

慣行区（分施肥系、基肥一発体系）と比較して、鶏ふんペレット区は、播種の2カ月後の1月16日の調査から、草丈が低く、茎数が少なく推移した。葉色（SPAD）は全試験区で1月16日からうすくなりはじめたが、鶏ふんペレット区の低下幅が最も大きく、3月3日の調査では、葉色が30を下回った（表－7）。このことから、鶏ふんペレットの肥効は短いと考えられた。その後、葉色

表－10 生育・成熟期・収量・品質調査の結果（2022年播き現地実証試験）

		2月27日											
		出芽数 (本/㎡)	草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	葉色 (SPAD)	NDVI (－)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 程度 (0～5)	播種期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)
さぬき市	慣行区	119	31.6	975	47.0	0.82	88.8	10.2	444	5.0	11/16	4/6	6/2
	実証区	125	28.4	816	42.6	0.73	80.3	10.7	495	3.0	11/16	4/6	5/31
まんのう町	慣行区	183	29.2	1272	41.7	0.75	85.8	8.8	596	0.0	11/16	4/4	5/29
	実証区	178	25.0	948	36.8	0.57	82.5	8.8	591	0.0	11/16	4/6	5/30
観音寺市	慣行区	299	47.4	1024	33.9	0.84	85.0	10.6	703	5.0	11/11	3/19	5/21
	実証区	307	41.0	804	29.2	0.74	81.9	10.4	651	2.0	11/11	3/19	5/21
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	－	－	－
		全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精玄 麦重 (kg/10a)	同左 比率 (%)	屑麦重 (kg/10a)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	タンパク質 含有率 (%)	灰分 (%)	外観 品質 (1～7)		
さぬき市	慣行区	1406	593	543	(100)	41	789	36.8	10.4	1.68	6.3		
	実証区	1205	470	502	92	35	788	36.4	9.9	1.68	5.0		
まんのう町	慣行区	1204	475	544	(100)	10	797	39.9	9.2	1.54	4.7		
	実証区	1209	440	569	105	18	793	40.6	9.5	1.65	4.3		
観音寺市	慣行区	1931	711	754	(100)	61	776	36.2	9.9	1.62	6.7		
	実証区	1771	710	781	104	20	779	40.4	9.1	1.56	3.7		
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－		

注1) NDVIは、近赤外線（NIR）と赤（R）の反射率を利用して、 $(NIR-R)/(NIR+R)$ で計算され、値は－1 から1 までの間で、値が大きいほど生育が良いと判断される。

NDVI値は、GreenSeeker Handheld Crop Sensor（ニコン・トリンブル社）で計測

注2) 慣行区と実証区をt検定により比較 **: 1 %水準で有意性あり, *: 5 %水準で有意性あり, ns: 5 %水準で有意性なしを示す。

表－11 土壌分析の結果（2022年播き現地実証試験）

		土壌採取 時期	pH	EC (mS/cm)	CEC (cmolc/kg)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	無機態 窒素 (mg/100g)	リン酸 (mg/100g)	カリ ウム (mg/100g)	カル シウム (mg/100g)	マグネ シウム (mg/100g)	
さぬき市	慣行区	基肥前	6.2	0.11	11.47	0.23	2.20	0.3	55	17	194	32	
		収穫時	6.0	0.14	－	0.22	2.23	0.2	64	19	201	32	
	実証区	基肥前	6.3	0.11	12.03	0.25	2.34	0.8	68	16	218	35	
		収穫時	6.3	0.11	－	0.23	2.24	0.4	75	26	215	34	
まんのう町	慣行区、実証区（同一ほ場）		基肥前	6.3	0.05	9.99	0.19	1.93	0.3	28	9	142	27
	慣行区	収穫時	6.3	0.07	－	0.20	1.99	<0.4	40	17	175	36	
	実証区	収穫時	6.3	0.08	－	0.21	2.10	<0.4	41	20	178	34	
観音寺市	慣行区	基肥前	6.0	0.09	12.32	0.18	1.90	1.8	99	27	196	19	
		収穫時	5.9	0.08	－	0.19	1.98	<0.4	127	27	202	13	
	実証区	基肥前	6.1	0.08	12.34	0.23	2.31	1.4	108	24	198	24	
		収穫時	6.2	0.10	－	0.25	2.49	<0.4	158	39	226	28	

注) 土壌採取時期の基肥前は、苦土石灰の施用前である

2) 2022年播き現地実証試験

農業試験場内試験と同様に生育量が少ない傾向にある中（表－10）、実証区の追肥量は事前に作成した施肥基準（表－2）に基づき、さぬき市、観音寺市では少なく（窒素成分で2.0kg/10a）施用し、まんのう町では多く（窒素成分で5.0kg/10a）施用した。倒伏程度は、さぬき市、観音寺市の慣行区は全倒伏であったが、実証区では倒伏程度が小さかった。

収量・品質調査の項目では、現地実証ほ場によって傾

向が異なり、両区の差は見られなかった。農業試験場内試験では、実証区の精玄麦重が、慣行区より軽い傾向にあったが、現地実証試験ではその傾向が見られなかった。生育診断により、さぬき市や観音寺市で追肥量を低減させたが、慣行区と同等の精玄麦重やタンパク質含有率は9.0%を超えたこと、生育診断時には生育量が不足しており追肥量を増加させたまんのう町でも精玄麦重及びタンパク質含有率は慣行区と同等であったことから、現地実証ほ場においては、施肥基準（表－2）が有効で

表－12 植物体分析の結果（％）（2022年播き現地実証試験）

		穂						わら					
		乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
さぬき市	慣行区	85.7	1.56	0.72	0.58	0.12	0.21	85.8	0.67	0.39	2.24	0.41	0.16
	実証区	87.2	1.44	0.76	0.61	0.13	0.20	92.7	0.51	0.35	1.99	0.38	0.13
まんのう町	慣行区	86.0	1.41	0.71	0.51	0.13	0.20	83.3	0.44	0.21	1.78	0.38	0.13
	実証区	86.7	1.40	0.75	0.55	0.12	0.21	84.2	0.41	0.30	2.33	0.37	0.13
観音寺市	慣行区	85.7	1.58	0.76	0.55	0.14	0.24	86.2	0.51	0.32	2.17	0.42	0.19
	実証区	85.2	1.34	0.73	0.54	0.11	0.26	82.9	0.36	0.20	1.49	0.32	0.22
t検定		－	ns	ns	ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns

注）慣行区と実証区をt検定により比較 **：1％水準で有意性あり，*：5％水準で有意性あり，ns：5％水準で有意性なしを示す。

表－13 生育調査の結果（2022年播き農業試験場内試験）

試験区名	12/16										1/16										2/16										
	出芽数 (本/㎡)	草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)		葉色 (SPAD)		NDVI (GS)		NDVI (P4M)		草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)		葉色 (SPAD)		NDVI (GS)		NDVI (P4M)		草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)		葉色 (SPAD)		NDVI (GS)		NDVI (P4M)				
慣行区 (分施体系)	174	12.7	a	204	a	42.4	a	0.24	a	0.22	a	17.8	a	597	a	47.3	a	0.43	a	0.44	a	29.8	a	1215	a	45.2	a	0.73	ab	0.81	a
慣行区 (基肥一発体系)	167	12.5	a	191	a	43.1	a	0.25	a	0.22	a	17.0	a	529	a	47.6	a	0.44	a	0.45	a	29.4	a	1210	a	45.5	a	0.71	a	0.80	a
実証区 (鶏ふんベレット ＋硫安3N)	176	12.3	a	201	a	43.0	a	0.25	a	0.23	a	16.6	a	614	a	47.7	a	0.43	a	0.44	a	28.4	a	1126	a	42.5	b	0.68	b	0.76	a
実証区 (鶏ふんベレット ＋硫安0N)	169	12.8	a	185	a	42.0	a	0.25	a	0.22	a	17.3	a	580	a	47.8	a	0.42	a	0.45	a	27.4	a	988	b	42.0	b	0.67	b	0.76	a
分散分析	—	ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	*		*		*		ns		
試験区名	3/16										4/19										幼穂形成 始期 (月/日)	節間伸長 開始期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)							
	草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	葉色 (SPAD)		NDVI (GS)		NDVI (P4M)		草丈 (cm)	茎数 (本/㎡)	葉色 (SPAD)		NDVI (GS)		NDVI (P4M)																
慣行区 (分施体系)	54.0	a	1061	a	41.5	ab	0.84	a	0.86	a	92.3	a	763	a	40.2	a	0.86	ab	—		2/2		2/19		4/4		5/29				
慣行区 (基肥一発体系)	51.4	a	1036	a	39.0	a	0.82	a	0.83	a	89.2	ab	645	b	39.4	a	0.84	a	—		2/2		2/19		4/4		5/29				
実証区 (鶏ふんベレット ＋硫安3N)	47.0	a	899	a	37.9	b	0.80	b	0.83	a	83.1	c	594	b	36.6	b	0.81	c	—		2/2		2/19		4/4		5/29				
実証区 (鶏ふんベレット ＋硫安0N)	47.0	a	813	a	40.9	ab	0.79	b	0.83	a	86.0	bc	630	b	38.0	ab	0.83	b	—		2/2		2/19		4/4		5/29				
	ns		ns		*		*		ns		*		*		*		*		—		—		—		—		—				

注1）NDVIは、近赤外線（NIR）と赤の反射率（R）を利用して、（NIR-R）/（NIR+R）で計算され、値は－1から1までの間で、値が大きいほど生育が良いと判断される。

注2）4/19のNDVI（P4M）のデータ欠損

注3）分散分析の結果、**：1％水準で有意性あり，*：5％水準で有意性あり，ns：5％水準で有意性なしを示す。

異なる英小文字が付された値は、Tukeyの多重比較において処理区間に5％水準で有意差があることを示す。

あった。農業試験場内のほ場と比べ、現地実証ほ場の土壌の全炭素含量が比較的高かった（表－11）。全炭素含有量が高いほ場は、可給態窒素含有量に高い正の相関があったと報告されている（中西・河田¹³⁾）ことから、現地実証ほ場では、鶏ふんペレットの肥効がより発揮されたのではないかと推測される。しかし、植物体の窒素含有率は、穂及びわらともに、慣行区より実証区で低い傾向が見られた（表－12）。

3. 基肥における鶏ふんペレットと硫安の混和による影響（2023／2024年）

1）2023年播き農業試験場内試験

2023年播きでは、鶏ふんペレット＋硫安3N区では初期生育が改善され、慣行区（分施体系、基肥一発体系）とはほぼ同等の生育であった。一方、2022年播きと同様の

設計の鶏ふんペレット＋硫安0N区でも、2月16日時点での茎数が少ないものの4月15日時点の調査では他の区とはほぼ同等の生育であった（表－13）。このことから、基肥に硫安を混和させたことよりも、2022年播きに比べ、2023年播きで使用した鶏ふんペレットの窒素含有率が高かったことが影響している可能性が考えられた。2月16日の調査でGreenSeekerのNDVI値を測定し、表－2に基づき鶏ふんペレット＋硫安3N区の追肥量を少なく（窒素成分で2.0kg/10a）設定した。鶏ふんペレット＋硫安3N区の化学窒素肥料の削減率は、60～64%となった。

成熟期調査では、慣行区（分施体系、基肥一発体系）に比べ、稈長は短く、慣行区（基肥一発体系）に比べ、穂数は少なかった。出穂期以降の周期的な降雨の影響により、倒伏程度は全区で全倒伏であった（表－14）。

表－14 成熟期・収量・品質調査の結果（2023年播き農業試験場内試験）

試験区名	稈長 (cm)		穂長 (cm)		穂数 (本/m)		倒伏 (0～5)		全重 (kg/10a)		わら重 (kg/10a)		精玄 麦重 (kg/10a)		同左 比率 (%)		肩麦重 (kg/10a)		容積重 (g/L)		千粒重 (g)		タンパク質 含有率 (%)		外観 品質 (1～7)	
慣行区 (分施肥系)	87.5	a	11.5	a	680	a	5.0		1341	a	492	461	(100)		110	a	811	33.8	9.4	a	4.0					
慣行区 (基肥一発体系)	85.6	a	11.4	a	594	ab	5.0		1280	ab	473	493	(100)		74	ab	816	34.7	8.7	b	3.0					
実証区 (鶏ふんペレット +硫安3N)	81.4	b	10.9	a	538	b	5.0		1109	c	388	450	98	91	45	b	814	35.4	8.7	b	2.5					
実証区 (鶏ふんペレット +硫安0N)	82.4	b	10.8	b	563	b	5.0		1186	bc	467	496	108	101	54	b	817	35.2	8.6	b	2.0					
分散分析	**		*		*		—		**		ns	ns	—	—	*		ns	ns	**		—					

注1) 精玄麦重、千粒重は2.2mmのふるいで調製し、水分12.5%に換算した値とした。
容積重は2.2mmのふるいで調製したものを、ブラウエル穀粒計で計測した。
タンパク質含有率は静岡製機社製食味分析計（GS-2000）による水分13.5%換算値とした。
外観品質は1：1等上 2：1等中 3：1等下 4：2等上 5：2等中 6：2等下 7：規格外の7段階評価とし、農産物検査登録検査機関による。
注2) 分散分析の結果、**：1%水準で有意性あり、*：5%水準で有意性あり、ns：5%水準で有意性なしを示す。
異なる英小文字が付された値は、Tukeyの多重比較において処理区間に5%水準で有意差があることを示す。

表－15 土壌分析の結果（2023年播き農業試験場内試験）

		土壌採取 時期	pH	EC (mS/cm)	CEC (cmol/kg)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	無機態 窒素 (mg/100g)	リン酸 (mg/100g)	カリウム (mg/100g)	カル シウム (mg/100g)	マグネ シウム (mg/100g)
農業	慣行区, 実証区 (同一ほ場)	基肥前	6.8	0.08	9.61	0.17	1.57	<0.4	33	11	152	29
試験場内	慣行区 (分施肥体系)	収穫時	6.0	0.06	－	0.19	1.67	<0.4	29	13	166	27
	慣行区 (基肥一発体系)	収穫時	5.8	0.06	－	0.19	1.69	<0.4	32	15	165	26
	実証区 (鶏ふんペレット + 硫安3N)	収穫時	5.8	0.05	－	0.20	1.76	<0.4	33	14	174	26

注) 土壌採取時期の基肥前は、苦土石灰の施用前である

収量調査では、鶏ふんペレット+硫安3N区は、慣行区（分施肥系、基肥一発体系）に比べ、全重は軽くなったが、精玄麦重は、慣行区（分施肥系、基肥一発体系）の91～98%程度でほぼ同等であった。鶏ふんペレット+硫安3N区の追肥量は、施肥基準（表－2）に基づき決定し、慣行区（分施肥系）に比べ、施肥量が少なくなったところ、同等の精玄麦重であったが、タンパク質含有率は、9.0%を下回った。また、鶏ふんペレット+硫安0N区は精玄麦重が慣行区（分施肥系、基肥一発体系）の101～108%であり、2022年播きの結果とは異なった。土壌分析の結果は、表－15のとおりである。

2) 2023年播き現地実証試験

生育調査・成熟期調査では、慣行区と実証区間に有意な差は見られなかった。基肥に硫安を混和させたことによるアンモニア態窒素の追加、窒素含有量が高い鶏ふんペレットを施用し、窒素供給量は多いと考えられたが、明確な生育調査結果の傾向は見られなかった。倒伏程度は、観音寺市のほ場で実証区のみが倒伏した。収量調査では、精玄麦重は高松市とまんのう町で慣行区の120～121%と多くなった（表－16）。生育診断により、高松市や観音寺市で追肥量を低減させたが、精玄麦重は慣行区と同等、また、タンパク質含有率は9.0%を超えた。一方で、観音寺市の実証区のタンパク質含有率が

11.5%と高く、日本めん用小麦のタンパク質含有率の基準値9.7～11.3%を超えており、タンパク質含有率の必要以上の増加は粉色に悪影響を及ぼす可能性がある（河田・藤井¹²⁾）。また、追肥を標準量で施用したまんのう町では慣行区と同等の収量であったが、タンパク質含有率が9.0%を下回った。

土壌化学性は、収穫時の交換性カルシウム含量が慣行区より実証区で高くなる傾向があった。これは、高松市と観音寺市の慣行区は苦土石灰を施用しておらず、まんのう町の慣行区は苦土石灰（アルカリ度53%、苦土15%）を施用しており、その供給量は、約32kg/10aであるのに対して、実証区においては、鶏ふんペレット（CaO10.37%）による供給量は約31kg/10aとなり、慣行区と同等から多量の施用量であること、また、植物体分析結果から予想される小麦による吸収量は、1.4～3.4kg/10aであり（表－17）、供給量の数%程度であることから、交換性カルシウム含量が高くなったと考えられた。また、小麦は酸性土壌に弱いことから酸度矯正のため、通常、アルカリ資材を投入しているが、土壌診断結果に応じて、アルカリ資材の投入や鶏ふんの施用量を決定する必要があると考えられた（表－18）。

表－16 生育・成熟期・収量・品質調査の結果（2023年播き現地実証試験）

		1月29, 30日					2月27日							
		出芽数 (本/mi)	草丈 (cm)	茎数 (本/mi)	葉色 (SPAD)	NDVI (－)	草丈 (cm)	茎数 (本/mi)	葉色 (SPAD)	NDVI (－)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/mi)	倒伏程度 (0～5)
高松市	慣行区	125	16.7	861	50.8	0.42	39.2	1217	46.1	0.80	85.4	10.7	406	5.0
	実証区	125	16.5	758	51.1	0.46	39.3	1096	48.9	0.82	86.6	11.6	442	5.0
まんのう町	慣行区	104	18.2	562	49.8	0.49	30.9	921	40.6	0.69	75.9	10.3	401	0.0
	実証区	102	19.2	593	49.1	0.38	32.1	833	38.9	0.62	79.4	10.4	504	0.0
観音寺市	慣行区	197	21.6	1108	37.6	0.66	51.6	1100	39.3	0.82	85.3	9.3	579	0.0
	実証区	190	23.8	1454	38.7	0.70	56.5	1292	40.1	0.86	88.9	9.9	504	4.0
t検定		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	－
		全重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	精玄 麦重 (kg/10a)	同左 比率 (%)	屑麦重 (kg/10a)	容積重 (g/L)	千粒重 (g)	タンパク質 含有率 (%)	外観 品質 (1～7)	播種期 (月/日)	出穂期 (月/日)	成熟期 (月/日)	
高松市	慣行区	1184	436	444	(100)	45	748	34.5	8.5	7.0	11/15	4/7	5/30	
	実証区	1445	518	535	120	79	753	34.5	9.7	7.0	11/15	4/7	5/30	
まんのう町	慣行区	871	303	343	(100)	43	781	34.7	8.7	4.3	11/11	4/6	5/24	
	実証区	997	319	416	121	31	793	36.4	8.9	4.0	11/11	4/6	5/26	
観音寺市	慣行区	1459	537	542	(100)	28	775	36.5	10.0	4.7	11/15	4/3	5/22	
	実証区	1655	546	526	97	65	767	35.2	11.5	6.7	11/15	4/3	5/20	
t検定		ns	ns	ns	－	ns	ns	ns	ns	ns	－	－	－	

注1) NDVIは、近赤外線（NIR）と赤（R）の反射率を利用して、 $(NIR-R)/(NIR+R)$ で計算され、値は－1 から1 までの間で、値が大きいほど生育が良いと判断される。

NDVI値は、GreenSeeker Handheld Crop Sensor（ニコン・トリンプル社）で計測

注2) 慣行区と実証区をt検定により比較 **：1 %水準で有意性あり，*：5 %水準で有意性あり，ns：5 %水準で有意性なしを示す。

表－17 植物体分析の結果（％）（2023年播き現地実証試験）

		穂						わら					
		乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	乾物率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
高松市	慣行区	84.8	1.42	0.58	0.43	0.13	0.21	86.7	0.44	0.10	0.84	0.37	0.09
	実証区	84.5	1.69	0.65	0.47	0.16	0.23	86.2	0.72	0.28	1.89	0.47	0.07
まんのう町	慣行区	84.9	1.40	0.65	0.75	0.12	0.22	86.2	0.52	0.15	1.60	0.31	0.10
	実証区	86.1	1.47	0.71	0.75	0.15	0.24	86.8	0.52	0.19	2.17	0.28	0.14
観音寺市	慣行区	85.6	1.59	0.70	0.61	0.13	0.22	86.8	0.58	0.28	1.88	0.37	0.11
	実証区	85.7	2.07	0.78	0.76	0.16	0.25	86.3	0.93	0.45	2.73	0.33	0.11
t検定		－	ns	ns	ns	**	*	－	ns	ns	ns	ns	ns

注) 慣行区と実証区をt検定により比較 **は1 %水準で有意性あり，*は5 %水準で有意性あり，nsは5 %水準で有意性なしを示す。

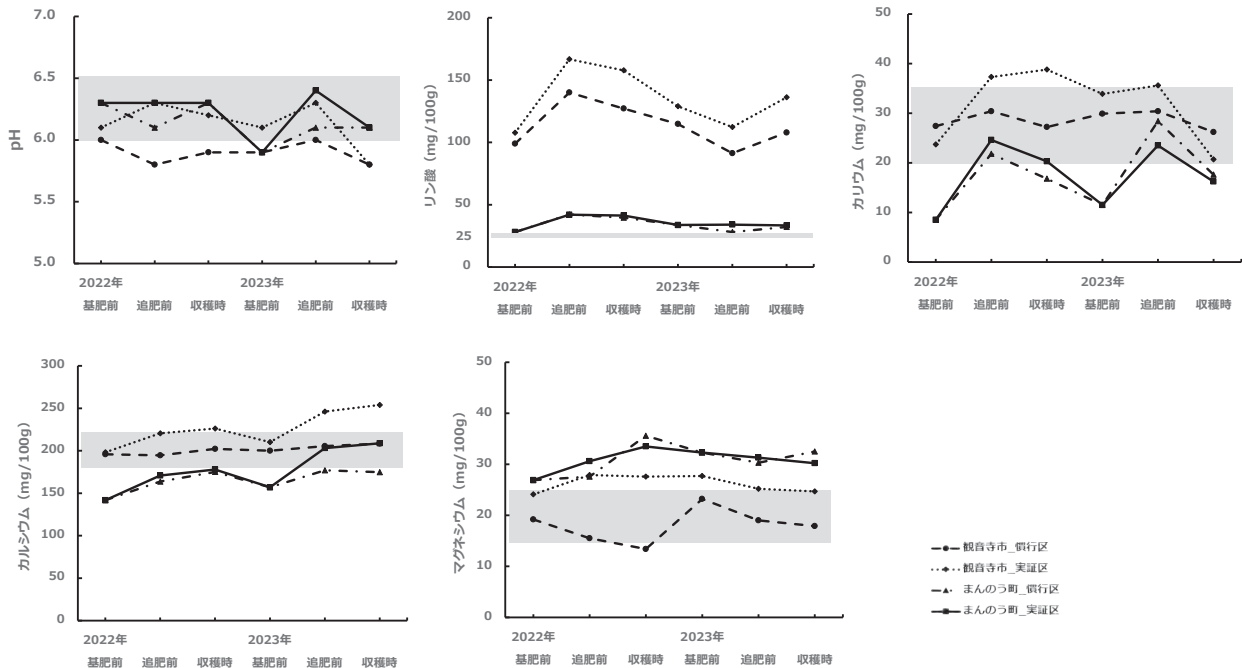
表－18 土壌分析の結果（2023年播き現地実証試験）

		土壌採取 時期	pH	EC (mS/cm)	CEC (cmolc/kg)	全窒素 (%)	全炭素 (%)	無機態 窒素 (mg/100g)	リン酸 (mg/100g)	カリ ウム (mg/100g)	カル シウム (mg/100g)	マグネ シウム (mg/100g)
高松市	慣行区、実証区（同一ほ場）	基肥前	5.6	0.08	11.33	0.22	2.16	0.3	64	19	184	18
	慣行区	収穫時	5.2	0.05	－	0.21	2.03	<0.4	50	14	170	11
	実証区	収穫時	5.5	0.06	－	0.26	2.46	<0.4	64	18	220	19
まんのう町	慣行区、実証区（同一ほ場）	基肥前	5.9	0.06	10.44	0.19	1.85	0.4	34	12	157	32
	慣行区	収穫時	6.1	0.07	－	0.25	2.13	<0.4	32	18	175	33
	実証区	収穫時	6.1	0.07	－	0.28	2.41	<0.4	33	16	209	30
観音寺市	慣行区	基肥前	5.9	0.09	12.20	0.18	1.86	0.7	115	30	200	23
		収穫時	5.8	0.06	－	0.22	2.11	<0.4	108	26	208	18
	実証区	基肥前	6.1	0.10	12.04	0.23	2.31	0.7	129	34	210	28
		収穫時	5.8	0.08	－	0.23	2.20	0.4	136	21	254	25

注) 土壌採取時期の基肥前は、苦土石灰の施用前である

表－19 化学窒素肥料の削減率（農業試験場内試験）

		基肥		中間追肥		追肥		合計	化学窒素削減率（％）	
		肥料	施用窒素量（kg）	肥料	施用窒素量（kg）	肥料	施用窒素量（kg）			
2022・2023年播共通	慣行区	さぬきの夢一発	14.0	－	－	－	－	14.0	(100)	－
	慣行区	402化成	4.9	402化成	3.5	402化成	4.2	12.6	－	(100)
2022年播	実証区	鶏ふんペレット	9.0	－	－	402化成	5.0	5.0	64	60
2023年播	実証区	鶏ふんペレット	11.7	－	－	402化成	2.0	5.0	64	60
		硫安	3.0							



図－2 土壌分析の結果（まんのう町，観音寺市（2年間））
※網掛け部分は，香川県が設定している土づくり目標基準値（香川県⁽⁴⁾）

4. 総括

2023年播きの試験では，実証区においても慣行区と同等の収量・品質であった。一方で，基肥として，硫安を施用していない区も慣行区と同等な収量となり，2022年播きとは異なる結果となった。製造ロットによって鶏ふんペレットの成分含有率が異なり，2023年播きの窒素含有率が高く，窒素供給率が高かった可能性が考えられた。しかし，2022年播きの結果を考慮すると，安定した生育，収量を確保するためには，基肥の鶏ふんペレット300kg/10aに硫安を窒素成分で3.0kg/10a程度を混和し施用するのが有効であると考えられた。その場合，農業試験場内試験における慣行区（分施体系，基肥一発体系）と比べた鶏ふんペレットを施用した区の化学窒素肥料の削減率は60～64%であった（表－19）。

センシングによる生育診断では，精玄麦重に対しては有効性が認められたが，タンパク質含有率に対しての有効性については明らかにできなかった。また，NDVI値

の測定時に，小麦の植物体が小さいとほ場内の雑草から反射する波長も測定してしまい，正確に測定することが難しかった。そのため，NDVI値を利用し生育診断する場合は，測定前の除草が必要であると考えられた。

2022年播き及び2023年播きの2年間，鶏ふんペレット300kg/10aを投入した現地実証試験ほ場（まんのう町，観音寺市）の土壌成分の結果を図－2に示した。慣行区に比べ，実証区の交換性カルシウム含有量が高くなる傾向がみられた。前述のとおり，施用量と吸収量の差が大きいこと，また，2023年播きで使用した鶏ふんペレットは，2022年播きで使用したものに比べ，実測値では，カルシウム含有率が高い鶏ふんペレットであったため，2023年播きの増加率が高くなった。この他，慣行区と実証区による明瞭な変化は認められないものの，リン酸の場合，慣行区の化学肥料による供給量は，4.9～7.6kg/10aであるのに対して，実証区は，鶏ふんペレットによる供給量15.6kg/10aと化学肥料の追肥量1.4～

表-20 10a当たりの収益性評価 (2022年播き農業試験場内試験)

	肥料費 A (円)	売上 B (円)	売上-肥料費 B-A (円)	対比 (%)
慣行区 (分施体系)	12,524	98,668	86,145	(100)
慣行区 (基肥一発体系)	20,269	91,784	71,516	(100)
実証区 (鶏ふんペレット)	6,794	71,745	64,951	75 91

令和4年春肥を基に試算

売上：単収×(指標価格+畑作物の直接支払交付金)

単収：精玄麦重

指標価格：48,006円/トン(税抜) = 52,807円/トン(税込)

畑作物の直接支払交付金：6,010円/60kg(1等・Bランク)

表-21 10a当たりの収益性評価 (2023年播き農業試験場内試験)

	肥料費 A (円)	売上 B (円)	売上-肥料費 B-A (円)	対比 (%)
慣行区 (分施体系)	21,013	68,040	47,027	(100)
慣行区 (基肥一発体系)	24,082	72,723	48,641	(100)
実証区 (鶏ふんペレット+硫酸3N)	11,182	66,342	55,160	117 113

令和5年春肥を基に試算

売上：単収×(指標価格+畑作物の直接支払交付金)

単収：精玄麦重

指標価格：57,486円/トン(税抜) = 63,235円/トン(税込)

畑作物の直接支払交付金(課税事業者向け単価)：5,060円/60kg(1等・Bランク)

3.6kg/10a, あわせて17~19.2kg/10aとなる。一方、植物体分析結果から推定される小麦による吸収量は、3.5~9.5kg/10aであり、供給量の2~6割程度と小さい。2年間の鶏ふんペレット施用による生育等の影響はみられなかったが、堆肥等の有機質肥料の連年施用により、塩基類等が過剰に集積する可能性があるため、連年施用する場合は定期的に土壌診断を実施し(中西・河田¹³⁾), その結果に基づいて鶏ふんペレットの施用量を決定する必要がある。10a当たりの収益性評価を比較すると、2022年播き農業試験場内試験では、実証区の収量が低く、慣行区の75~91%に収益性は低下した(表-20)。2つの慣行区と同等の収量であった場合、収益性は、慣行区(分施体系)の99%, 慣行区(基肥一発体系)の128%となり、同等もしくは高くなると試算された。2023年播き農業試験場内試験においては、実証区の収量がやや低くなったが、肥料費の低減により、収益性は慣行区の113~117%となり高くなった(表-21)。

謝 辞

本研究は、2022年度から2024年度にかけて実施された農林水産省委託プロジェクト研究「輪作体系における持

続的な小麦生産の実現に向けた減化学肥料・減化学農薬栽培技術の確立(JPJ011297)」の補助を受けて行った。本研究の遂行にあたり国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中日本農業研究センターの方々には多くのご指導ご協力をいただいた。また、生産者の皆様には、現地実証試験にご協力いただき、香川県東讃、中讃、西讃農業改良普及センター集落営農・農畜産部門の普及指導員の方々には、現地実証試験は場の選定を行っていただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 小野芳郎・平岡正夫・川中弘二(1989):岡山県南部水田における稲わら連用効果,岡山県農業試験場研究報告,7,18-24.
- 2) 香川県・香川県環境保全型農業推進協議会(1994):有機農産物等栽培技術手引書,5-9.
- 3) 大段秀記(2023):農業生産におけるドローンリモートセンシング.日本画像学会誌 第62巻 第3号,219-224.
- 4) 河田和利・中西 充(2020):小麦「さぬきの夢2009」の携帯型NDVIセンサーによる生育診断の可能

- 性, 香川県農業試験場研究報告, 71, 1-10.
- 5) 村田資治・稲村達也 (2021): 携帯型NDVIセンサーによるダイズ群落の受講率の推定, 日作紀, 90 (4), 444-450.
- 6) 農林水産技術会議事務局 (1963): 小麦品質検定方法－小麦育種試験における－, 研究成果シリーズ, 35, 1-70.
- 7) 土壤環境分析法編集委員会 (1997): 土壤環境分析法, 博友社, 427pp.
- 8) 中野政詩・宮崎 毅・塩沢 昌・西村 拓 (1995): 土壤物理環境測定法, 東京大学出版会, 148-151.
- 9) 水野直治・南 松雄 (1980): 硫酸－過酸化水素による農作物中N, K, Mg, Ca, Fe, Mn定量のための迅速前処理法, 土肥誌, 51 (5), 418-420.
- 10) 日本土壤協会編 (2001): 土壤, 水質及び植物体分析法, 財団法人 日本土壤協会, 121-132.
- 11) 瀧 典明・熊谷千冬・齋藤公夫 (2009): リン酸緩衝液抽出による水田での各種堆肥の窒素分解パターン予測とその検証, 土肥誌, 80, 575-582.
- 12) 河田和利・藤井美鈴 (2017): 香川県で栽培された小麦「さぬきの夢2009」の粉色に及ぼす諸要因の影響, 香川県農業試験場研究報告, 67, 17-22.
- 13) 中西 充・河田和利 (2019): 日本麺用小麦「さぬきの夢2009」の生育・収量と土壤理化学性との関係, 香川県農業試験場研究報告, 70, 9-17.
- 14) 香川県 (2022): 土づくりの手引き2022改訂版, 59pp.