

飼料用イネ栽培における堆肥の活用による化成肥料代替実証

— 肥料価格高騰対策として地域未利用資源の有効活用に向けて —

1 調査研究の背景及び目的

主食用米の需要が低迷し、米価が下落している中、飼料用米やWCS用稲等への作付け転換が進んでいるが、これらの多収生産を行うためには多くの肥料が必要である。昨今の肥料価格高騰に対応し、経営の安定化を図っていくためには、堆肥等の未利用資源の代替による化成肥料のコスト低減が求められる。

そこで、家畜ふん堆肥の中でも肥料分の多い鶏ふん堆肥を基肥として一部代替した場合の飼料用米及びWCS用稲の実証ほを設置し、肥料コストの低減及び収益確保ができる栽培体系の普及を目指す。

なお、本調査研究では、家畜ふん堆肥実証展示ほにも位置付けている。

2 調査研究内容

(1) 試験区の設定

調査ほ場及び試験区の概要は下表のとおり。

区分	調査区	設置場所	土質	乾湿の別	暗きよの有無
飼料用米 アキヒカリ	試験区 (化成肥料+鶏ふん堆肥)	香取市内	砂壤土	湿田	無
	慣行区 (化成肥料のみ)				
WCS用稲 リーフスター	試験区 (化成肥料+鶏ふん堆肥)	香取市内	砂壤土	湿田	無
	慣行区 (化成肥料のみ)				

(2) 試験区の施肥状況

各区における施肥設計及び施用は下表のとおり。

区分	調査区	施用日	名称	施用量 (kg/10a)	成分割合 (%)	N-P-K 成分量
					N-P-K	(kg/10a)
飼料用米 アキヒカリ	試験区	3/7	鶏ふん堆肥	150	3.06-2.77-1.87	7.7-6.9-4.7
		4/19	飼料用米専用一発15改	30	26-8-7	7.8-2.4-2.1
WCS用稲 リーフスター	試験区	3/3	鶏ふん堆肥	160	3.06-2.77-1.87	4.9-4.4-3.0
		4/24	稲作専用肥料	26	26-6-6	6.8-1.6-1.6
	慣行区	4/19	飼料用米専用一発15改	45	26-8-7	11.7-3.6-3.2
		4/24	稲作専用肥料	37	26-6-6	9.6-2.2-2.2

なお、試験に使用した鶏ふん堆肥の成分は下表のとおり。

窒素全量	りん酸全量	加里全量	石灰全量	苦土全量	銅量	亜鉛
3.1%	5.0%	3.6%	13.4%	1.7%	40mg/kg	560mg/kg

(出典) 千葉県堆肥利用促進ネットワーク

鶏ふん堆肥は香取市内の養鶏場から入手した。

(3) 調査内容

ア 苗調査

移植に使用した苗を対象に、各区 20 本の葉齢、草丈を計測した。

イ 移植後の調査地点の設定

(ア) 調査地点の設定

試験区、慣行区ともに 1 区あたり 10 株×2 地点 (反復) とした。

なお、飼料用米アキヒカリについては、試験区間で大きな生育差が生じたことから、出穂期 10 日後調査から 3 地点 (反復) とした。

(イ) 栽植密度の測定

各区 3 地点において栽植密度を測定した。

(ウ) 植付本数の計測

各調査地点の対象株ごとに植付本数を調査した。

ウ 本田での生育調査

作柄安定対策調査ほにおける調査項目を参考に下記の項目について調査を行った。

(ア) 移植後 1 カ月調査

草丈、茎数、葉色

(イ) 最高分げつ期調査

草丈、茎数、葉色

(ウ) 幼穂形成期調査

草丈、茎数、葉色、幼穂長

(エ) 出穂期調査

稈長、穂長、穂数、葉色

エ 収量調査

(ア) 飼料用米アキヒカリについて

坪刈調査、収量構成要素調査、農家実収の聞き取りを実施した。

(イ) WCS 用稲リーフスターについて

各区生育中庸な 3 株について地表面から 15cm 以上の地上部を刈り取りし、生重と乾物重を測定した。また、コントラクターが測定したほ場ごとの実収量の聞き取りを実施した。

3 調査結果及び考察

(1) 栽培管理状況について

区分	調査区	は種日	移植日	栽植密度 (株/m ²)	中干し	薬剤防除
飼料用米 アキヒカリ	試験区	3/11	4/19	15.6	6/19~	4/19 (除草)カチボシ 1 k g 粒剤 5
	慣行区			16.1		" (殺虫)ワンリード箱粒剤 0 8
WCS 用稲 リーフスター	試験区	3/20	4/24	15.9	6/30	4/24 (殺虫)ワンリード箱粒剤 0 8
	慣行区			16.5		4/28 (除草)イッポンDフロアブル

注) は種量は 180g/箱

(2) 生育ステージについて

区分	調査区	幼穂形成期	出穂期	成熟期
飼料用米 アキヒカリ	試験区	6/12	7/6	8/10
	慣行区		7/5	
WCS用稲 リーフスター	試験区	7/14	—	—
	慣行区		—	—

注) リーフスターは、コントラクターの都合により調査前に刈り取りが行われた。

(3) 調査結果について

ア 苗調査について

苗調査は、試験ほ場に移植した苗と同日には種した苗箱から、生育中庸な個体を採取して調査した。

区分	調査日	葉齢	草丈(cm)
飼料用米アキヒカリ	4/20	2.0	16.0
WCS用稲リーフスター	4/25	2.1	19.0

稚苗育苗における最適な苗状態は、葉齢 2.2、草丈 12~15cm 程度とされていることから、葉齢はおおむね適当であった。草丈については、WCS 用稲リーフスターはやや徒長気味であった。



苗調査：アキヒカリ



苗調査：リーフスター

イ 飼料用米アキヒカリについて

(ア) 生育調査

調査結果は下表のとおりとなった。

調査項目	調査区	5/18		6/14		7/14	
			慣行区との比較		慣行区との比較		慣行区との比較
草丈又は稈長 (cm)	試験区	24	97%	52	102%	73	100%
	慣行区	24		51		74	
茎数又は穂数 (本/m ²)	試験区	107	94%	440	80%	334	85%
	慣行区	114		546		392	
穂長 (cm)	試験区	—		—		17.7	102%
	慣行区	—		—		17.4	
葉色 (SPAD 値)	試験区	33.0	89%	46.8	99%	41.6	105%
	慣行区	37.2		47.3		39.7	

注) 5/18 は移植後 1 カ月、6/14 は幼穂形成期、7/14 は出穂期後 10 日を想定した調査。

試験区と慣行区を比較すると、草丈又は稈長についてはほとんど差がなく推移した。

茎数又は穂数は、試験区は慣行区と比較して一貫して少なく推移した。穂長については、試験区と慣行区でほとんど差がなかった。葉色については、移植後1カ月では試験区は慣行区より淡かったが、幼穂形成期では試験区と慣行区の差はなくなり、出穂期後10日では試験区は慣行区よりやや濃く推移した。

(イ) 収量調査

a 坪刈調査結果については、下表のとおりであった。

調査区	刈取日	全重 (kg/10a)	籾重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	くず米重 (kg/10a)	玄米水分 (%)	農家実収 (kg/10a)
試験区	8/10	1,351	966	795	15.1	13.5	693
慣行区		1,438	1,034	855	22.2	13.3	610

注) 農家実収は複数ほ場の平均値であり、調査ほ場そのものの収量ではない

全重、籾重、精玄米重、くず米重ともに、試験区は慣行区より少なかった。一方で、農家実収については、試験区は慣行区より多かった。

試験協力農家では、本試験を実施したほ場の他にも、鶏ふん堆肥と化学合成肥料を施用したほ場（以下、「試験区と同等のほ場」）、化学肥料のみを施用したほ場（以下、「慣行区と同等のほ場」）をそれぞれ複数設けている。表に記載した農家実収とは、「試験区と同等のほ場」の平均値、「慣行区と同等のほ場」の平均値を記載している。

b 収量構成要素調査結果については、下表のとおりであった。

調査区	m ² あたり 穂数	1穂籾数	m ² あたり 籾数 (×100)	登熟歩合 (%)	不稔歩合 (%)	玄米千粒重 (15%水分) (g)	計算収量 (15%水分) (g)
試験区	334	88.6	297	77.5	11.8	21.5	495
慣行区	392	92.5	362	81.0	12.2	22.0	646

全調査項目について、試験区は慣行区と比べて少なかった。

ウ WCS用稲リーフスターについて

(ア) 生育調査

調査結果は下表のとおりとなった。

調査項目	調査区	5/25		6/28		7/14	
			慣行区との 比較		慣行区との 比較		慣行区との 比較
草丈又は稈長(cm)	試験区	31	109%	73	99%	97	105%
	慣行区	29		74		93	
茎数(本/m ²)	試験区	114	80%	291	90%	260	90%
	慣行区	143		323		287	
葉色(SOAD値)	試験区	36.3	94%	43.4	99%	43.4	93%
	慣行区	38.8		43.7		46.7	

注) 5/18は移植後1カ月、6/27は最高分げつ期、7/14は幼穂形成期を想定して調査。

試験区と慣行区を比較すると、草丈又は稈長について、移植後1カ月の段階では試験区は慣行区よりやや高かった。最高分げつ期ではほとんど差がなく、幼穂形成期では試

験区は慣行区よりやや高かった。

茎数について、移植後1カ月の段階から幼穂形成期の間、試験区は慣行区より少なかった。

葉色（SPAD 値）について、移植後1カ月の段階では試験区は慣行区より淡かったが、最高分けつ期の段階ではほとんど差がなく、幼穂形成期の段階では試験区は慣行区よりやや淡かった。



6/14 時点



6/14 時点



8/10 時点



8/10 時点

左：アキヒカリ試験区

右：アキヒカリ慣行区



8/7 時点



8/7 時点

左：リーフスター試験区

右：リーフスター慣行区

(イ) 収量調査

収量調査結果は、下表のとおりとなった。

調査区	刈取日	生重 (kg/10a)	乾物重 (kg/10a)	実ロール数 (ロール/10a)	換算生重 (kg/10a)
試験区	8/14	2,619	784	11.6	3,000
慣行区	8/10	2,683	848	12.3	3,180

注) 換算生重は、実ロール数にコントラクターが測定した15ロール×5反復の実測値から割り戻した1ロールあたりの平均重量258.9kgを乗じて計算した。

生重、乾物重ともに、試験区は慣行区より少なかった。一方、実収量（換算生重）について、試験区は慣行区より多かった。

(4) 考察について

飼料用米アキヒカリとWCS用稲リーフスターの生育び収量調査結果から、試験区は慣行区と比べて下記の特徴があった。

ア 生育調査結果について

草丈及び稈長について、試験区と慣行区に大きな差はなかった。

茎数及び穂数について、移植後1カ月の段階では試験区は慣行区と同等か少なかった

が、その後は一貫して試験区は慣行区より少なかった。

葉色（SPAD 値）について、移植後 1 カ月の段階では試験区は慣行区より淡く、6 月の段階では試験区と慣行区は差がなかった。

イ 収量調査結果について

収量調査結果について、飼料用米アキヒカリと WCS 用稲リーフスターともに、試験区は慣行区よりも少なかった。一方で、実収量については、飼料用米アキヒカリと WCS 用稲リーフスターともに、試験区は慣行区よりも多かった。

ウ 他の試験事例及び文献について

農業事務所の収量調査と実収量とが反対の結果となったことから、既存の知見との整合性について調査した。

（ア）他の試験事例

令和 4 年度に県内の他の農業事務所が行った鶏ふん堆肥活用試験結果は、下表のとおりであった。

試験区	施用日	名称	施用量 (kg/10a)	成分割合 (%) N-P-K	N-P-K 成分量 (kg/10a)	穂数 (本/m ²)	精玄米重 (kg/10a)
慣行区	5/3	早生用一発	45	26-10-10	11.7-4.6-4.6	459	727
	6/2	硫安	7	21-0-0	1.5-0-0		
	6/21	尿素	5	46-0-0	2.3-0-0		
	7/7	尿素	5	46-0-0	2.3-0-0		
30%代替区	3/14	鶏ふん堆肥	250	1.8-6.4-3.6	4.5-16-9	408	690
	5/3	早生用一発	30	26-10-10	7.8-3-3		
	6/2	硫安	7	21-0-0	1.5-0-0		
	6/21	尿素	5	46-0-0	2.3-0-0		
	7/7	尿素	5	46-0-0	2.3-0-0		
60%代替区	3/14	鶏ふん堆肥	500	1.8-6.4-3.6	9-32-18	401	657
	5/3	早生用一発	15	26-10-10	11.7-4.6-4.6		
	6/2	硫安	7	21-0-0	1.5-0-0		
	6/21	尿素	5	46-0-0	2.3-0-0		
	7/7	尿素	5	46-0-0	2.3-0-0		

この調査では、基肥の化学肥料の一部を鶏ふん堆肥で代替した区を 2 つ設けており、30%代替区と 60%代替区を設定している。調査結果からは、化学肥料のみで生産した慣行区が最も穂数及び精玄米重が多く、鶏ふん堆肥による代替割合が高まるにつれて、穂数及び精玄米重が減少していた。

（イ）文献調査

次に、鶏ふん堆肥を活用した水稻栽培試験結果について情報収集を行い、下記の 2 つの文献を確認した。

a 岡山県の試験結果

岡山県が公表している「鶏ふんの施用時期を考慮した水稻の施肥設計方法の開発」（発

行元：岡山県農林水産総合センター農業研究所、発行年月：2019年12月）によると、乾田期間に施用した鶏ふん堆肥中の有機態窒素は微生物の作用によってアンモニウム態窒素に無機化され、アンモニウム態窒素は硝酸態窒素に硝酸化成される。硝酸態窒素は、土壌水分に溶解しているときは、陰イオンの形となる。土壌は、陽イオンを吸着・保持する力（CEC）は高いが、陰イオンを吸着・保持する力（AEC）は小さいことから、ほ場から流亡しやすい。そのため、入水前の乾田期間に鶏ふん堆肥を施用した場合、入水までの期間が空いてしまうと、鶏ふん堆肥中の有機態窒素は無機化、そして硝酸化成により硝酸態窒素となり、降雨による流亡に加え入水による脱窒作用等を受けてしまい、結果として鶏ふん堆肥の肥料的効果は減少する。鶏ふん施用から入水までの期間が14日以内の場合に限り、基肥代替効果が確保されると記載されている。

そこで、当該試験報告では、鶏ふん堆肥施用後入水までの期間が14日を超えた場合の肥料的効果の減少を考慮した施肥設計方法について報告している。

それによると、鶏ふん堆肥施用後入水までの期間が14日を超える場合、窒素の肥料代替効果の減少分を尿素により必要量を補うことで、収量を維持することが可能となる。

b 農業技術体系に記載された試験結果

農山漁村文化協会が発行している農業技術体系（農業技術体系 作物編 2 イネ栽培技術② 技522の32～6）によると、無機質肥料と有機質資材（原料に蒸製皮革粉、ナタネ油かす、蒸製骨粉、血粉、木質泥炭及び造粒促進剤）とで、窒素分量を同量になるようにして施用したポットでの栽培比較試験結果が記載されている。

それによると、有機質資材は無機質肥料よりも茎数が少ない傾向にあり、有機質資材のリン酸成分の一部を無機質のものに置き換えると、生育初期から茎数を確保できた。このことから、「生育初期の分けつ促進には、無機質のリン酸分が重要であることを示唆している。」と記載されている。

エ まとめ

本調査研究の試験結果、それと他の試験事例及び文献調査結果から、以下のことが考えられる。

鶏ふん堆肥を化成肥料の一部代替資材として使用する際に、鶏ふん堆肥における窒素の無機化率を考慮して鶏ふん堆肥から供給される窒素量の分だけ化成肥料を削減するやり方では、化成肥料のみで生産した場合と比べて、生育初期の分けつが遅れて茎数が確保できず、その結果穂数も少なくなる。穂数が少なくなることから、収量も少なくなる。

そして、この現象を引き起こしている原因については、文献調査から2つ考えられる。

仮説1：鶏ふん堆肥施用から入水までに期間が14日以上になる場合、鶏ふん堆肥由来の無機化した窒素が硝酸化成し、入水までに間に流亡する。その結果、化成肥料のみで栽培した場合と比べて、窒素が少なく、初期生育が遅れる。

仮説2：鶏ふん堆肥由来のリン酸は、水稻の生育初期に効果を示さず、生育初期の分けつ促進には化学肥料に含まれているリン酸分が左右する。本調査研究では、試験区は慣行区より化成肥料由来のリン酸が少ないことから、初期生育が遅れる。

<参考>本試験における考えられる原因別の試験区と慣行区の比較

仮説1 硝化率を考慮した肥料成分量の比較

施用資材	施用量 (kg/10a)	成分割合 (%)			投入成分量 (kg/10a)			無機化率 (肥効率) (%)			無機化率を考慮した 成分量 (kg/10a)			硝化率 (%)			硝化率も考慮した 成分量 (kg/10a)		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
試験区 飼料用米専用一発改(15)	30	26.0	8.0	7.0	7.8	2.4	2.1	100	100	100	7.8	2.4	2.1						
試験区 鶏ふん堆肥	300	3.1	2.8	1.9	9.2	8.3	5.6	42	80	90	3.9	6.6	5.0	70.0	0.0	0.0	1.2	6.6	5.0
小計					17.0	10.7	7.7				11.7	9.0	7.1				9.0	9.0	7.1
慣行区 飼料用米専用一発改(15)	45	26.0	8.0	7.0	11.7	3.6	3.2	100	100	100	11.7	3.6	3.2				11.7	3.6	3.2

※硝化率は、岡山県の試験結果を参考に70%とし、硝酸化成した窒素については全量流亡したと仮定して計算している。

仮説2 肥料成分由来のリン酸分の比較

施用した化学肥料	施用量 (kg/10a)	リン酸の成分割合 (%)	投入成分量 (kg/10a)
試験区 飼料用米専用一発改(15)	30	8	2.4
慣行区	45	8	3.6

仮説1に基づき試験区と慣行区を比較すると、試験区は慣行区と比べて硝化率も考慮した窒素成分量は2.7kg/10a少ない。

また、仮説2に基づき試験区と慣行区を比較すると、試験区は慣行区と比べて化成肥料由来の無機リン酸が1.2kg/10a少ない。

これらの考えられるいずれか又は複合の原因により、試験区は慣行区と比べて茎数・穂数が確保できず、収量も劣ったと考えられる。また、葉色（SPAD値）の移植後1カ月段階の調査について、飼料用米アキヒカリとWCS用稲リーフスターともに試験区の方が慣行区よりも淡かったことは、生育初期において試験区は慣行区よりも窒素吸収量が少なかったことを意味しており、仮説1を支持するものと考えられる。

4 今後の取組及び他への波

今年度の試験結果を踏まえ、令和6年度についても継続試験を行う。

令和6年度においては、今年度設置した慣行区と試験区（試験区1）に加えて、

試験区2：試験区1に無機態窒素（尿素での施用を予定）2kg/10a程度加用する。

試験区3：試験区1に無機リン酸（過リン酸石灰での施用を予定）1kg/10a程度加用を新たに加えて、生育び収量調査を実施する。

試験結果については、JAかとり水稻栽培管理講習会及び当農業事務所主催の水稻経営研修会等において管内水稻農家に周知する。

5 担当者

北部グループ 黒住憲司、吉田敦哉

西部グループ 奥畑徹之、鈴木康平

6 協力機関

JAかとり、千葉県農林総合研究センター水稻・畑地園芸研究所水田利用研究室、千葉県農林総合研究センター土壌環境研究室