

平坦地水田における高品質水稻および小麦生産のための堆肥施用法

Available application of cattle feces manure to successive cultivation of rice and wheat in paddy field of lowland in Kumamoto prefecture.

春口真一・坂梨二郎・松森信・上野育夫

Sinichi HARUGUCHI, Jiro SAKANASHI, Makoto MATSUMORI and Ikuo UENO

要 約

平坦地の水稻-小麦体系において、有用な有機質資源である牛ふん堆肥を用いた高品質水稻および小麦生産のための適正施用法について検討した。その結果、水稻に対する堆肥の施用は施用時期や施用量に関わらず収量の影響は比較的小さいが、玄米タンパク質含有率が上昇するなど品質低下が認められた。これに対して、小麦では牛ふん堆肥200kg/aの秋施用によって穂数および一穂粒数が増えるため増収し、原麦タンパク質含有率も目標値になることが認められた。さらに、この堆肥施用法によって小麦栽培では2月下旬の穂肥を省略できることが示唆された。

以上のことから、水稻-小麦2毛作における牛ふん堆肥の施用効果は水稻よりも小麦において強く現れ、とりわけ牛ふん堆肥200kg/aの秋施用は穂肥を省略できる上に、小麦の収量を増加させ、原麦タンパク質含有率を上昇させるなど高品質小麦生産にとって有効な堆肥施用法であると結論された。

キーワード：水稻、小麦、牛ふん堆肥、玄米タンパク質含有率、原麦タンパク質含有率

I 緒言

熊本県における水稻や小麦といった普通作物は野菜類に比較して農業粗生産額は低下してきているが、依然として営農上重要な栽培品目であることは確かである。これらの作物は収量や品質形成に対して土づくりの重要性が古くから指摘されており、生産農家も堆肥等土づくり資材の投入を主力技術として地力維持・増進を図りつつ、高品質水稻および小麦の安定生産を目指してきている。

しかし、水稻や小麦生産を巡る情勢は大きく様変わりしてきている。水稻では、「米政策改革大綱」により生産・流通は大きく変わり、今後「売れる米」づくりへ向け、需要をふまえた地域の特色ある生産が求められている。特に最近の良食味志向から玄米タンパク質含有率を低く抑えるための肥培管理技術の早期確立が望まれている。一方、小麦では、品質評価に対する新ランク区分が導入され、これにより目標タンパク質含有率の基準値が日本めん用で9.5~11.5%が基準値とされるなど数値目標が明らかにされており、品質を確実に確保できる肥培管理技術が要望されている。

これらのことは、いずれの品目とも堆肥等の施用を基本とした土づくりによって目標収量を維持しながら、高

品質生産に結びつく技術、具体的には品質評価項目である可食部中のタンパク含有率をうまくコントロールできる技術を確立する必要性を示唆している。

本報告の目的は、平坦地水田において行われる水稻-小麦2毛作栽培において、本県において多く産生される牛ふん堆肥を用いた堆肥の連用が水稻および小麦の生育と収量および品質に与える影響を明らかにし、水田における牛ふん堆肥の適正施用法を確立することである。

II 材料および方法

1. 水稻栽培試験

試験は、2005年から2007年において、熊本県農業研究センター農産園芸研究所内黒ボク水田で実施した。試験規模は1区20㎡の調査2カ所とした。供試品種は「ヒノヒカリ」を用い、2005年6月17日、2006年6月16日、2007年6月15日に中苗移植を行った。栽植密度は2005年は機械移植で20.2株/㎡、2006、2007年は3本手植えで18.5株/㎡であった。窒素施肥量はa当たり基肥0.5kg、穂肥は出穂20日前後に0.3kg、その約10日後に0.2kg施用した。玄米品質は1.8mmで篩った玄米について調査を行った。食味関連形質では、タンパク質含有率はKett社製AN-800、味度値はTOYO味度メータを用いて測定した。

供試した堆肥は熊本県農業研究センター畜産研究所で製造された牛ふん堆肥を用いた。堆肥中の成分組成については第1表に示したとおりである。

試験区の構成は、水稻作付前および小麦作付前に牛ふん堆肥を年1回100kg/aあるいは200kg/a施用した区、春と秋にそれぞれ100kgずつ合計200kg施用した区、対照として堆肥を施用しなかった無堆肥区、さらに堆肥も化学肥料も全く施肥しなかった無肥料区を設けた(第2表、第3表)。堆肥の施用時期は春施用(水稻作付前)および秋施用(小麦作付前)の2処理とし、2005年はそれぞれ6月7日、11月14日、2006年は6月9日、11月16日、2007年は6月8日、11月15日に施用した。

施肥量は、窒素成分で基肥0.5kg/a、穂肥(出穂前20日)0.3kg/aを基準とし、堆肥施用区の最高分げつ期以降の生育への影響を検討するため、2006年、2007年の晩期穂肥は0および0.2kg/aの2水準を設けた。

一方、稲わらのすき込みが生育、収量に及ぼす影響を検討するため、すき込み区および持ち出し区を設けた。なお、麦わらについては収穫後全量をすき込んだ。

2. 小麦栽培試験

2005年(2006年産)から2007年(2008年産)の試験は、前述の水稻作付ほ場と同一の黒ボク水田で実施した。試験規模は1区20㎡の調査2カ所とした。供試品種は「シ

ログネコムギ」を用い、2005年11月23日、2006年11月28日、2007年11月28日に播種を行った。播種量は2005年が0.234kg/a、2006年および2007年が0.5kg/aで、条間が30cmの4条畦立てで栽培を実施した。

窒素施肥量はa当たり基肥として0.5kg(2005年は0.23kg/a)、分げつ肥として1月下旬頃に0.2kg、穂肥として2月下旬に0.2kg施用した。収量および収量構成要素については、2.0mmで篩ったものを用いた。生育時の葉色は、葉緑素計SPAD-502を用いて出穂期頃に展開第2葉を20個体調査した。原麦タンパク質含有率はケルダール法により求めた全窒素含有率とタンパク係数5.83および水分補正值13.5%から算出した。

試験区の構成は、堆肥の施用時期および施用量は水稻と同一とし、追肥は堆肥施用区の出穂前の窒素発現を考慮して穂肥量を2007年、2008年のいずれも0および0.2kg/aの2水準とした(第3表)。

3. 跡地土壌の化学性

跡地土壌の分析については、交換性陽イオン、可給態窒素および有効態リン酸等について常法に基づいて分析を行った。

第1表 供試した牛ふん堆肥の成分

年次	施用 月日	濃度(現物当たり%)							肥効率20%とした投入N量	
		水分	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N	100kg/a区	200kg/a区
2005	6/7	67.5	0.6	1.0	1.0	0.7	0.3	25.8	0.13	0.25
	11/14	67.1	0.5	0.6	1.1	1.1	0.3	25.6	0.10	0.20
2006	6/9	63.2	0.7	0.9	0.4	1.2	1.2	18.9	0.14	0.28
	11/16	58.5	0.7	1.1	0.5	1.4	1.5	17.9	0.14	0.28
2007	6/8	61.6	0.8	0.8	1.2	1.3	0.3	17.5	0.16	0.32
	11/15	62.1	0.8	0.9	1.1	2.5	0.4	14.4	0.15	0.31

第2表 栽培体系と堆肥散布時期

	2005年		2006年		2007年		2008年
	水稻	小麦	水稻	小麦	水稻	小麦	小麦
栽培期間	6/17 ~10/14	11/23 ~6/6	6/16 ~10/16	11/28 ~6/1	6/15 ~10/6	11/29 ~6/5	
後作までの 期間	39日		9日	43日	14日	54日	
堆肥施用	↑春施用	↑秋施用	↑春施用	↑秋施用	↑春施用	↑秋施用	

第3表 試験区の構成

試験区	水稻						小麦						有機物施用			
	施肥体系	施肥量(kg/a)					施肥体系	施肥量(kg/a)					堆肥施用(kg/a)		わらすき込み	
		基肥-穂肥-晩期穂肥	N	P	K			基肥-分けつ肥-穂肥	N	P	K		春	秋	水稻	小麦
無堆肥区	標準	5-3-2	1.0	1.0	1.3		標準	5-2-2	0.9	1.0	1.2				○×	○
	晩期穂肥減	5-3-0	0.8	1.0	1.1		穂肥減	5-2-0	0.7	1.0	1.0				○×	○
春100kg/a区	標準	5-3-2	1.0	1.0	1.3		標準	5-2-2	1.0	1.0	1.2	100			○×	○
	晩期穂肥減	5-3-0	0.8	1.0	1.1		穂肥減	5-2-0	0.8	1.0	1.0	100			○×	○
春200kg/a区	標準	5-3-2	1.0	1.0	1.3		標準	5-2-2	1.0	1.0	1.2	200			○×	○
	晩期穂肥減	5-3-0	0.8	1.0	1.1		穂肥減	5-2-0	0.8	1.0	1.0	200			○×	○
春+秋区	標準	5-3-2	1.0	1.0	1.3		標準	5-2-2	1.0	1.0	1.2	100	100		○×	○
	晩期穂肥減	5-3-0	0.8	1.0	1.1		穂肥減	5-2-0	0.8	1.0	1.0	100	100		○×	○
秋100kg/a区	標準	5-3-2	1.0	1.0	1.3		標準	5-2-2	1.0	1.0	1.2		100		○×	○
	晩期穂肥減	5-3-0	0.8	1.0	1.1		穂肥減	5-2-0	0.8	1.0	1.0		100		○×	○
秋200kg/a区	標準	5-3-2	1.0	1.0	1.3		標準	5-2-2	1.0	1.0	1.2		200		○×	○
	晩期穂肥減	5-3-0	0.8	1.0	1.1		穂肥減	5-2-0	0.8	1.0	1.0		200		○×	○
無肥料区		0-0-0	0.0	0.0	0.0		標準	0-0-0	0.0	0.0	0.0				○×	○

注) 施肥量については、2006年水稻から2008年産小麦の値

III 結果および考察

1. 水稻栽培試験

1) 堆肥施用による収量・品質の経年変化

各栽培年次において、春施用ではm²当たり籾数の増加が大きかったが、登熟歩合が低下したため収量は増加しなかった(第1図、第2図)。また食味関連形質のうちタンパク質含有率には有意な差はなかったが、各年とも堆肥施用により上昇する傾向がみられた。特に春100kg/a、春+秋区においてこの傾向が高かった。これは籾数増加および登熟の低下により、タンパク質含有率の高い未熟粒の混入が多くなったためと考えられた。しかし、味度値では堆肥施用の影響は判然としなかった(第3図、第4図)。

稲わらのすき込みの影響については、水稻後作における土壌分析の結果では、稲わらにすき込みによる可給態窒素量の増加がみられたが、生育と収量にはすき込みの有無による差はみられなかった。(第4表、第6表)。これは当該圃場において以前から稲わらすき込みが行われており、最近の3年間のすき込みが生育に及ぼす影響は小さいためと推察された。

2) 堆肥の施用時期および穂肥の影響

堆肥の施用時期が水稻収量に及ぼす影響は、水稻作直前の春施用が秋施用に比べ、m²当たり籾数が増加するため増収するなど大きいことが認められた。一方、秋施用では水稻の生育は無施用区と同等以上であったが、収量増加に及ぼす影響は小さかった。

食味関連形質のうち玄米タンパク質含有率は、年次間変動が大きく、2006年では秋施用が、2007年では春施用が高く、堆肥施用の影響は判然としなかった。しかし、堆肥の施用時期によらず玄米タンパク質含有率が高くなったことから、堆肥の施用は出穂後から生育後半に向けて

窒素吸収量を増加させるため²⁾、食味に関しては玄米タンパク含有率の上昇などマイナスの影響がでやすいものと考えられた。

また、外観品質や粘りと関係が深い味度値は、堆肥の施用時期の影響は明らかではなかったが、秋施用では施用量にかかわらず無施用区とほぼ同等の品質となり、春施用よりも食味関連形質に対しプラスの影響を与えると考えられた。

穂肥の影響については、晩期穂肥を省略することで出穂期までの生育が遅延した2005、2006年のような年次では、穂数やm²当たり籾数が減少し、このため収量低下が見られたが、2007年ではこの傾向は判然としなかった。しかし、晩期穂肥の省略により玄米タンパク含有率は明らかに低下し、味度値は上昇する傾向がみられたことから、堆肥施用を前提条件として食味重視の栽培を行う場合には、牛ふん堆肥からの養分供給量を考慮した晩期穂肥を省略する施肥が有効であると考えられた。

3) 堆肥施用量の影響

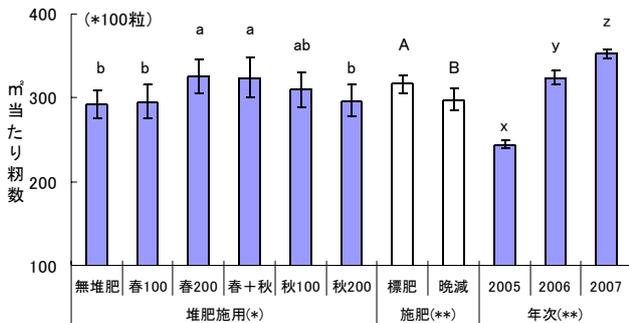
本試験に使用した水田は可給態窒素量が11.6mg/100gと地力中庸な圃場であるが、このような地力レベルの条件では、牛ふん堆肥200kg/aの春施用において籾数が増加し、その結果増収した。しかし、2007年では籾数が過剰で登熟歩合の低下が起こったため、収量増加があまり見られなかった。特に秋施用においては堆肥施用量を増やしても籾数の増加はわずかで、結局増収には結びつかないと推察された。一方、食味関連形質のうちタンパク質含有率は年間施用量が200kg/a区で高くなる傾向がみられた。味度値は秋施用では無施用区と差はみられなかったが、春施用では施用量の増加により明らかに低下した。

このことから、水稻に対する堆肥施用はm²当たり籾数

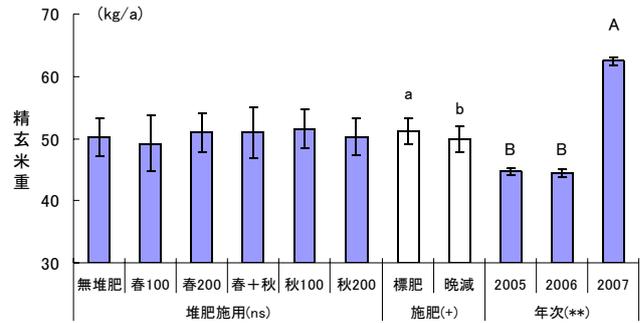
を増加させる効果が認められるが、それは春施用で大きく秋施用では200kg/aの施用量でも比較的影響は小さいと考えられた。

一方、堆肥の施用時期は水田単作においては通常問題とならないが、水稲-小麦作付体系では堆肥散布に要する作業期間は重要な問題である。3カ年実施した本試験の結果から推定される堆肥散布作業が可能な期間は、小麦収穫から水稲移植までは9~14日間、水稲収穫から小

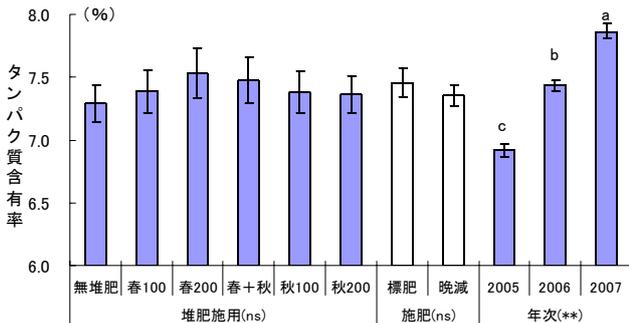
麦播種までは、39~54日間と試算される。さらに、九州北部地域の平年の梅雨入りは6月5日であることから、春施用については上記の散布可能期間よりもさらに短くなることが想定される。このような堆肥散布に係る作業性からみた場合、作業期間が短い春施用よりも期間を長くとれる秋施用の方が普及上望ましい施用法であると推察される。



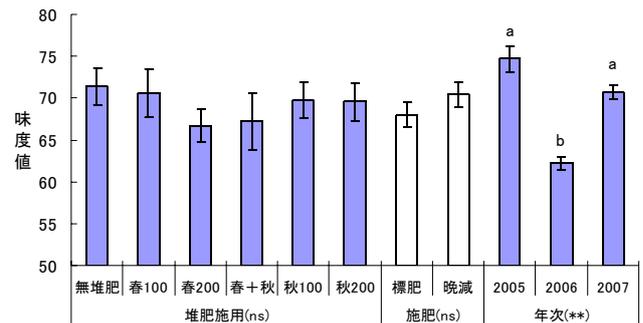
注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%、*は5%水準で有意な差があることを示す。バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%、+は10%水準で有意な差があることを示す。バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%水準で有意な差があることを示す。バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%水準で有意な差があることを示す。バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。

第4表 稲わらのすき込みが水稲の生育・収量に及ぼす影響

施肥	稲わら残さ	年次	最高茎数 (本/m ²)	穂数 (本/m ²)	一穂粗数 (粒)	m ² 当粗数 (*100)	登熟歩合 (%)	精玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	検査等級 (1-9)	タンパク質含有率 (%)	味度値
標肥	有	2006	423	340	94.1	320	61.2	47.8	21.3	9.0	7.1	72.5
		2007	426	360	94.9	342	76.1	60.0	22.3	4.5	7.8	67.3
無堆肥	無	2006	412	363	90.8	330	63.1	45.7	21.2	9.0	7.5	71.3
		2007	375	340	97.3	331	74.7	59.2	22.4	5.0	7.8	66.5
なし	有	2006	359	306	91.1	278	69.4	42.8	21.1	7.0	7.1	78.5
		2007	314	269	89.9	241	81.4	51.1	22.4	4.5	7.3	73.0
	無	2006	336	303	94.1	285	65.5	44.6	21.2	8.0	6.9	77.5
		2007	303	282	90.6	256	84.2	51.1	22.2	4.5	7.2	73.3
分散分析	施肥		ns	ns	ns	+	ns	+	ns	ns	ns	*
	稲わらのすき込み		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	年次		ns	ns	ns	ns	ns	*	+	+	ns	*

注) 分散分析の結果、**は1%、*は5%、+は10%水準で有意な差があり、nsは有意な差がないことを示す。検査等級は1(1等上)~4(2等上)~7(3等上)~10(規格外)を示す。

2. 小麦栽培試験

1) 堆肥施用による収量・品質の経年変化

各栽培年次において、春施用では穂数は無堆肥区と同程度で収量は同等からやや低下するなど堆肥施用の影響は小さいと考えられた。一方、秋施用では穂数およびm²当たり粒数の増加が著しく、さらに堆肥施用量の増加により増収程度は大きくなった(第5図、第6図)。原麦タンパク質含有率と出穂期頃の葉緑素計値との関係では、出穂期頃の葉緑素計値は無施用に比べ高く、特に秋施用の区において高くなる傾向が認められた。しかし、秋施用において100kg/a 施用区では葉緑素計値が高いにも関わらずタンパク質含有率は春施用と同程度であった。これは収量とタンパク質含有率との関係ではm²粒数が少なく収量が低下する場合にはタンパク質含有率が高まることを明らかにした過去の試験結果から判断して、100kg/a の秋施用区ではm²粒数は増加するが、出穂以降窒素供給量不足になるため、タンパク質含有率の上昇が200kg/a の秋施用より少ないと考えられた。

またタンパク質含有率と出穂期の葉緑素計値との間には正の相関関係がみられた。これらのことは2月下旬の穂肥を省略する場合に目標タンパク質含有率を確保するには、出穂期頃に葉緑素計値で38以上を目標とした堆肥施用が重要であり、牛ふん堆肥200kg/a の秋施用がこれを満たしていると考えられた(第7図、第8図、第9図)。一方、子実の検査等級はタンパク質含有率が上昇するに伴い、硬質粒の発生により低下する傾向がみられた。しかし、その程度はほとんどの試験区においてほぼわずかで、1等を下回ることがなかったため、秋施用が検査等級へ及ぼす影響は小さいと考えられた(第10図)。

稲わらのすき込みの影響については、水稻の場合と同様に生育・収量においてすき込みの有無による差はみられなかったが、小麦後作における土壌分析の結果では、稲わらにすき込みによる可給態窒素量の増加が認められた。(第5表)。

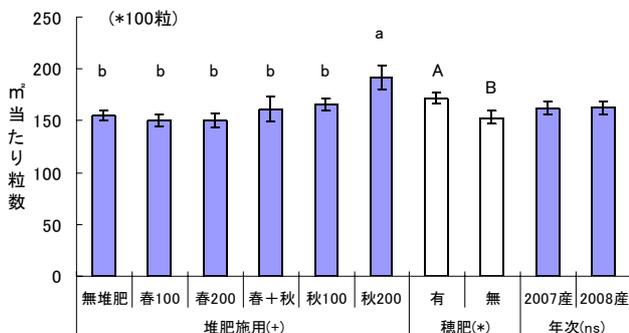
2) 堆肥の施用時期および穂肥の影響

2006年産から2008年の栽培試験結果から、小麦播種直前の秋施用では、穂数、1穂粒数の増加により、収量が増加した。春施用区では最高分けつ期までの生育は堆肥無施用区よりも旺盛であったが、その後窒素不足の様相を呈し、無効分けつの割合が多く、出穂期頃には葉緑素計値も無施用区と同程度の値を示し、収量は堆肥無施用区よりも低収となった。また、原麦タンパク質含有率は、春施用に比べ秋施用で高くなった。しかし、タンパク質含有率の上昇により硝子質の粒の発生がやや多くなり、検査等級は低下する傾向にあった。春施用は堆肥無施用区に比べ高い傾向がみられたが、これは同一条件で収量が低下するとタンパク質含有率が上昇する傾向にあることから、m²当たり粒数の減少により子実の充実が進んだ結果であると考えられた。

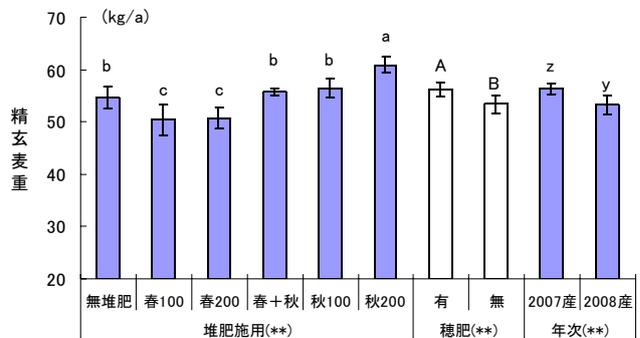
2月下旬の穂肥の影響については、穂肥の省略により、1穂粒数の減少、千粒重および原麦タンパク質含有率の低下がみられた。特にタンパク質含有率への影響は大きく、200kg/a 秋施用区以外では目標タンパク質含有率である9.5~11.5%を確保するのが難しいと考えられた。原麦タンパク質含有率と葉緑素計値との関係は様々な検討⁴⁾が行われているが、このタンパク質含有率の基準を満たすためには、出穂期頃の葉緑素計値が38以上である必要があり、穂肥の省略を考慮した堆肥の施用法としては牛ふん堆肥200kg/a を秋に施用する必要があると考えられた。

2) 堆肥施用量の影響

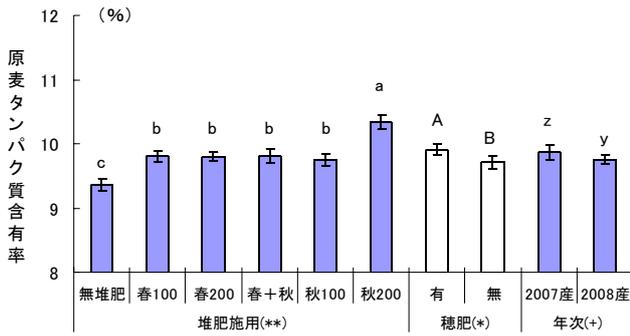
堆肥の施用量が収量・品質に及ぼす影響については、春施用では施用量の増加による影響はほとんどみられず、秋施用では施用量の増加により、穂数や1穂粒数が増加するため増収しタンパク質含有率は上昇する傾向が認められた。



第5図 各処理が小麦のm²当たり粒数に及ぼす影響
注) 分散分析の結果、各処理の()内の*は5%、+は10%水準で有意な差があることを示す。
バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。

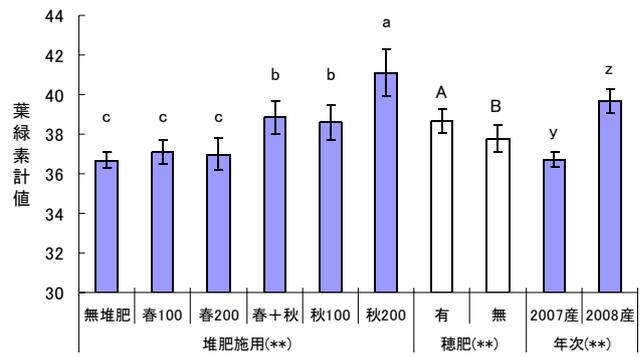


第6図 各処理が小麦の収量に及ぼす影響
注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%、水準で有意な差があることを示す。
バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



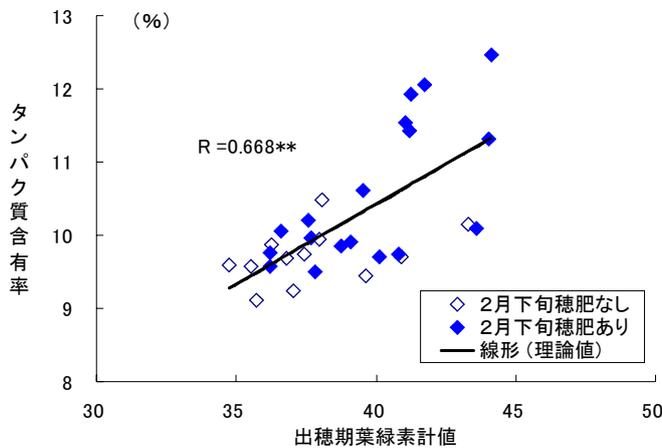
第7図 各処理が小麦の原麦タンパク質含有率に及ぼす影響

注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%、*は5%、+は10%水準で有意な差があることを示す。
バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。

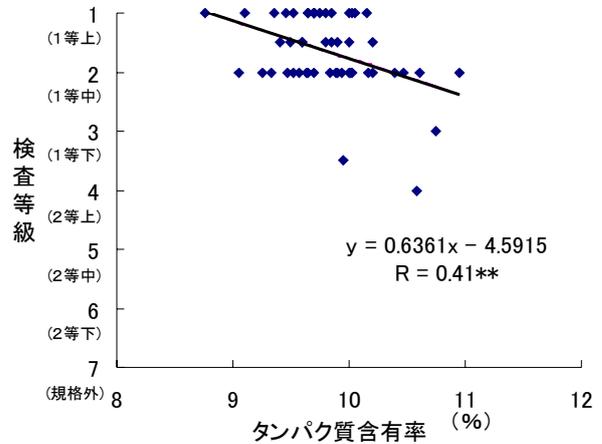


第8図 各処理が出穂期頃の葉緑素計値に及ぼす影響

注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%水準で有意な差があることを示す。
バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



第9図 出穂期頃の葉緑素計値と原麦タンパク質含有率 (2006~2008年産)



第10図 タンパク質含有率と検査等級(2006~2008産)

第5表 稲わらのすき込みが小麦の生育・収量に及ぼす影響

施肥	わら残さ	年次	穂数 (本/m ²)	m ² 当り 粒数 (*100)	出穂期 SPAD	精麦重 (kg/a)	千粒重 (g)	容積重 (g/L)	タンパク 質含有率 (%)	検査 等級 (1-7)	
無堆肥	有	2007産	565	159	35.9	56.4	38.0	838	9.5	2.0	
		2008産	534	143	37.5	49.4	36.9	822	9.1	1.0	
	無	2007産	568	177	36.5	61.3	37.2	832	9.6	2.0	
		2008産	514	148	38.1	49.5	38.3	825	9.9	1.0	
	無	有	2007産	280	65	30.8	18.2	38.1	819	10.6	4.0
			2008産	244	70	32.9	23.4	38.0	822	9.8	1.0
		無	2007産	235	57	29.7	15.4	37.5	822	10.0	3.5
			2008産	220	67	29.3	19.9	37.3	825	9.7	1.0
分散分析	施肥		*	*	+	*	ns	ns	+	+	
	稲わらのすき込み		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	年次		ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	+	

注) 分散分析の結果、**は1%、*は5%、+は10%水準で有意な差があり、nsは有意な差がないことを示す。
検査等級は1 (1等上) ~ 4 (2等上) ~ 7 (規格外) を示す。

3. 跡地土壌の化学性

作付け前後の土壌分析結果を第6表に示した。堆肥を施用しない場合、2008年小麦収穫後の土壌の pH および可給態窒素量は作付け前に比較して増加したが、CECや交換性用イオン量は低下した。堆肥施用区と無堆肥区との比較では、前者で交換性陽イオン量、有効態リン酸量および可給態窒素量が高くなる傾向が認められた。

土壌由来の窒素供給量の目安となる可給態窒素量は、堆肥施用時期による差は判然としなかったが、年間堆肥施用量が200kg/a と多い区（春200、春+秋、秋200）で高かった（第11図）。またこの値は年次変動はあるものの堆肥施用区が無堆肥区を上回り、特に200kg/a 秋施用区で高い値が認められた（第14図）。

有効態リン酸量は、施用時期では秋施用が高く、また施用量の増加により高くなる傾向がみられた（第12図）。交換性カリウムは有効態リン酸と同様の傾向を示し、施用時期では秋施用が高く、また施用量の増加により高い傾向がみられた（第13図）。

加里の施肥量が増加すると稲体の加里含量が増えるこ

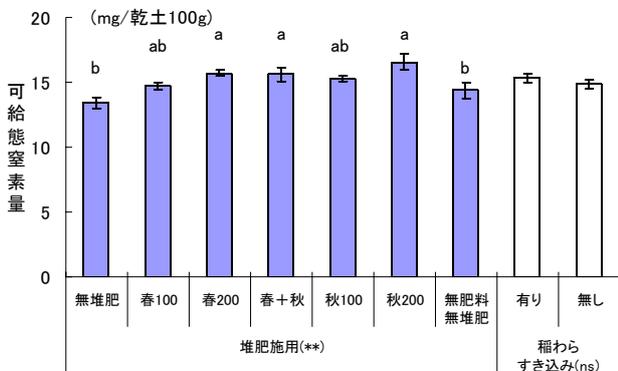
とが明らかにされている⁵⁾が、玄米中のカリウム含量と食味との関係は不明な点が多く、牛ふん堆肥200kg/a の秋施用による加里供給量の増加が水稻の食味等品質に及ぼす影響は今後検討すべき問題と考えられる。

一方、可給態窒素量の堆肥施用による増加については既にくつつかの報告がある。たとえば、藤山ら⁶⁾は水田単作における堆肥2t/10a の3年連用の試験において、試験開始前に比べ、6mg/乾土100g 程度の増加があることを示している。この可給態窒素の増加量は本試験の3年間の牛ふん堆肥施用の最大6mg/乾土100g に匹敵する値である。しかし、その結果として跡地土壌の可給態窒素量が15mg/100g を越える状態となっていることは地力中庸であった水田圃場が高地力圃場へと変化していることを意味している。よって、3年以上にわたって牛ふん堆肥200kg/a を連用する場合には、地力窒素や交換性カリウム量が増加するため生育や収量、あるいは品質に悪影響がでる可能性が高い。定期的に土壌診断を実行し、土壌の養分状況を把握しながら牛ふん堆肥を施用することが肝要と思われる。

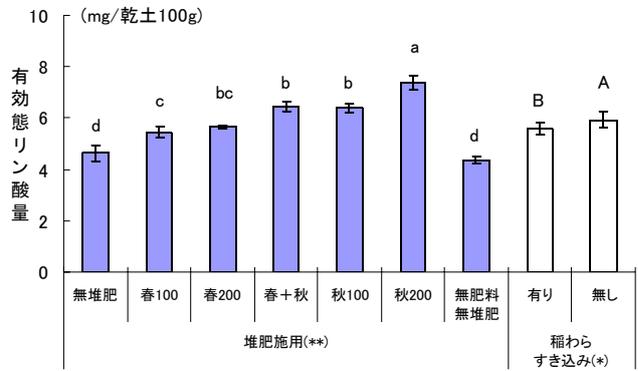
第6表 跡地土壌分析調査

試験区	pH H ₂ O 1:2.5	CEC me	交換性塩基			有効態 P ₂ O ₅ mg	無機態 N mg	可給態 N mg	全窒素 %	全炭素 %	
			K ₂ O	CaO	MgO						
			mg	mg	mg						
2005 水稻作付前	6.6	42.8	69.8	1414.3	220.4	5.8	1.0	11.6	0.47%	6.81%	
2008 小麦作付後	無堆肥	6.8	25.6	40.2	721.7	93.7	4.6	0.3	13.4	0.48%	6.94%
	春100	6.9	26.2	47.6	728.6	97.0	5.5	0.3	14.7	0.49%	7.06%
	春200	6.8	26.2	45.2	725.0	93.3	5.7	0.2	15.7	0.49%	7.05%
	春+秋	6.8	27.2	59.5	751.5	101.2	6.4	0.2	15.6	0.53%	7.50%
	秋100	6.8	26.9	56.1	721.4	94.1	6.4	0.2	15.3	0.52%	7.36%
	秋200	6.8	27.6	74.5	763.6	108.0	7.4	0.2	16.6	0.53%	7.46%
無肥料	6.8	26.1	36.7	722.9	87.2	4.4	0.4	14.4	0.50%	7.08%	

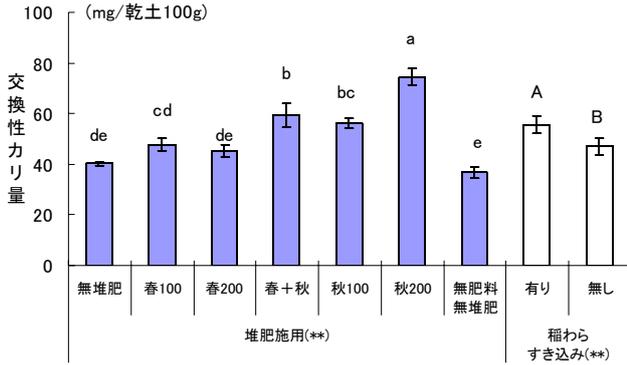
注) 単位がme、mgのものは100g 乾土当たり。



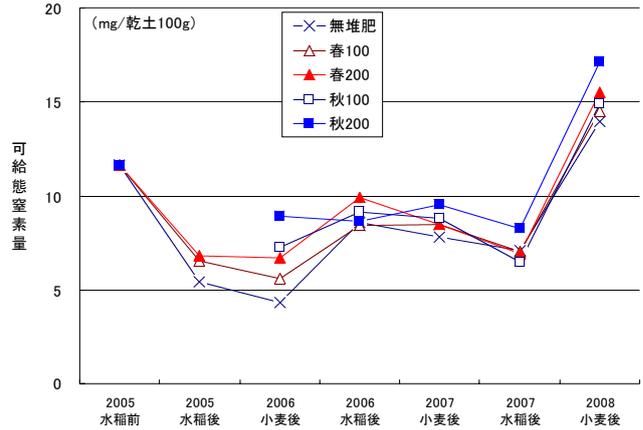
第11図 2008小麦後地土壌における可給態窒素量の比較
注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%水準で有意な差があることを示す。
バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



第12図 2008小麦後地土壌における有効態リン酸量の比較
注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%、*は5%水準で有意な差があることを示す。
バーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



第13図 2008小麦後地土における交換性カリ量の比較
 注) 分散分析の結果、各処理の()内の**は1%水準で有意な差があることを示す。
 ーは標準誤差を示し、図中の異なる文字間には上記の水準で有意な差があることを示す。



第14図 跡地土壌における可給態窒素量の推移 (わらすき込み無し区)

IV 総合考察

本試験においては、水稲-小麦2毛作栽培において有用な地域有機質資源である牛ふん堆肥を活用した高品質生産技術を確立する目的で、堆肥の施用時期および施用量が水稲および小麦の生育、収量および品質に及ぼす影響について明らかにした。

水稲栽培においては、牛ふん堆肥の施用が収量に及ぼす影響は判然とせず、施用時期に関わらず玄米タンパク質含有率が高くなる傾向が認められた。このことから、水稲に対する堆肥施用は高品質生産といった観点からは必ずしも貢献できる技術とは言えなかった。むしろ水稲食味の向上には晩期穂肥の省略や後期の窒素発現を抑える水管理などタンパク質含有率を低減する技術を有効に組み合わせることが重要であると考えられる。しかし、本試験でも検討した晩期穂肥の有無に関する既存の成果として、牛ふん堆肥を基肥代替肥料として施用することで増収するという結果^{2, 3)}もあることから、水稲への施用については、増収させるための基肥代替物としての利用を今後検討することが有効であると考えられる。

小麦栽培では収量およびタンパク質含有率への効果が大きく、小麦播種前の牛ふん堆肥200kg/aの秋施用により穂肥を省略しても目標収量および品質を達成できることが明らかとなった。一方、春施用の場合、タンパク質含有率がやや低下することが認められるため、高品質原表に対する基準値をクリアするには2月下旬の穂肥を行うことが必要であると考えられた。

以上のことから、水稲-小麦栽培体系が行われる水田への堆肥の適正施用は水稲収穫後に当たる秋に牛ふん堆肥200kg/aを施用することであると結論された。なおこの場合、堆肥や稲わらのすき込みなど有機物の施用により跡地土壌の可給態窒素量等の増加による地力変動が見られるため、3年以上の堆肥連用の場合には土壌診断

を実施し、その結果を踏まえた施肥設計を行うことが重要であると考えられる。

IV 引用文献

- 1) 田中賢太郎、猪部 巖、井水 敦、小野 忠：地力の異なる水田土壌での水稲に対する減肥効果, 九州農業研究第66号(2004), 54
- 2) 佐近剛、宮地勝正、河本泰：水稲に対する堆肥の施用効果-堆肥と無機肥料の比較-, 広島農試報告45(1982), 1~12
- 3) 市田俊一：堆肥連用水田における収量性と土壌の性質, 日本土壌肥料科学雑誌第57巻第4号(1986), 418~420
- 4) 坂梨二郎：小麦「チクゴイヅミ」の早播栽培における出穂期の葉色と施肥判断, 平成18年度九州沖縄農業研究成果情報(2006)
- 5) 前重道雅：稲作の技術革新と経営戦略-21世紀を見すえて-, 養賢堂(1996)148-150
- 6) 藤山正史、早田隆典(山口県総合農林試験場)：牛ふん堆肥を活用した水稲の減化学肥料栽培, 平成17年度近畿中国四国農業研究成果情報(2005)
- 7) 白井美和、糸瀬貞義、大熊正寛、中尾俊彦：稲ワラの水田へのすき込みと土壌中における全窒素・全炭素の集積状況, 香川県農業試験場研究報告(1985)37

Summary

Available application of cattle feces manure to successive cultivation of rice and wheat in paddy field of lowland in Kumamoto prefecture.

Sinichi HARUGUCHI, Jiro SAKANASHI, Makoto MATSUMORI and Ikuo UENO

We investigated to establish the available application of cattle feces manure, which is an valuable on-site organic materials, to product rice and wheat with high quality on paddy field of lowland. The results were obtained as the following below. The effect of manure application to rice yield was comparatively small irrespective of timing and amount of manure dressing but the quality of grains became worse by an increase of protein content of grains. On the contrary, the application of cattle feces manure with 200 kg/a to wheat after harvest of rice increased the numbers of ears and grains per head and resulted in an increase of yield of wheat grains, and increased the protein content of grains to a recommendation merkmal of commercial wheat with high quality. Furthermore, this application of manure indicated the possibility that we omitted the second deressing to wheat cultivation at late time of February.

From these results, it was suggested that the application of cattle feces manure in successive cultivation of rice and wheat strongly affected wheat cultivation compared to rice cultivation, and the application of cattle feces manure with 200 kg/a to wheat during autumn increased the yield and protein content of grains, even if we omitted the second dressing to wheat cultivation at late time of February. And it was concluded that this application of manure was the available method to produce wheat with high quality.