

3国内情報

牛ふん堆肥と育苗箱施肥を利用した50%減化学肥料水稻栽培

山形県立農業試験場 生産環境研究部 熊谷勝巳

1. はじめに

近年、環境と安全に対する社会的関心が高まっており、持続的な農業生産による安心感のある農産物が求められている。持続的な農業生産を実現する場合、地域内から発生する家畜排せつ物を堆肥としていかに適切に循環利用するかが、大きな課題の一つである。一方、安心感のある農産物として、有機農産物(JAS法)、特別栽培農産物(農林水産省のガイドライン)、エコファーマー(持続農業法)による農産物などが生産されており、いずれも堆肥等有機物の施用が欠かせない技術となっている。

堆肥には、数年以上かけて無機化する窒素と速効的に無機化する窒素があり、牛ふん堆肥の場合は、施用初年目に約30%の肥効が見込まれる<sup>1)</sup>。この性質をより積極的に活用すれば化学肥料を軽減でき、有機物と化学肥料のバランスのとれた施用による農産物の生産が可能である。

化学肥料の減肥率からみると、有機農産物は100%、特別栽培農産物は約50%(窒素成分)以上、エコファーマーによる農産物は20?30%以上が目安となっている。これまで、牛ふん堆肥と化学肥料を組み合わせた試験を継続しており、慣行栽培並の収量、品質を確保するには、牛ふん堆肥の割合が30%であることを明らかにしている。したがって、化学肥料の30%を牛ふん堆肥で代替し、さらに他の技術で化学肥料を20%減肥できれば、併せて50%の化学肥料を減肥することが可能である。ここでは、その一つの方法として、牛ふん堆肥の施用と育苗箱施肥の組合せを紹介する。

2. 牛ふん堆肥の施用方法

化学肥料を50%削減する場合、残りの50%を牛ふん堆肥により代替できれば、育苗箱施肥などの他の技術と組み合わせる必要はない。しかし、前述したように化学肥料を用いた慣行栽培と同等の生育、収量が得られる牛ふん堆肥の代替率は30%が適当である。第1表に示すように、代替率が50%以上になると、水稻の初期生育量が不足し収量が低下した。

したがって、山形県の主力品種である「はえぬき」を用いた場合は、第2表に示したように慣行窒素施肥量(8.0gm<sup>-2</sup>)の30%に相当する2.4gm<sup>-2</sup>の窒素を牛ふん堆肥で代替し、本田耕起前に施用する。その際、水稻栽培における牛ふん堆肥の化学肥料に対する肥効率(牛ふん堆肥の全窒素成分のうち、化学肥料と同等の肥効を示す割合)を20%とする<sup>2)</sup>ことから、実際の現物堆肥施用量は約2.5kgm<sup>-2</sup>である。

第1表 牛ふん堆肥による化学肥料の代替率と水稻の生育

代替率	7月1日(1996年)			平均精 玄米重 (kg/a)	0%区対比 (%)	粗蛋白含量 (1996年) (%)
	草丈 (cm)	莖数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色			
0%	47.4	498	39	57	100	7.1
30%	46.8	491	40	56.1	98	6.6
50%	41.3	462	40	52.4	92	6.4
80%	40.8	391	39	50	88	6.9
100%	38.3	324	38	47.6	84	7.5

平均精玄米重は1994?1996年の平均。  
 葉色はミノルタ葉緑素計 (SPAD)。  
 代替0%区の化学肥料は基肥0.7kgN/a、追肥0.2kgN/a。  
 代替区は無追肥。堆肥の肥効率は20%とした。

第2表 化学肥料50%減肥栽培における窒素施肥量

(1998、1999)

区名	化学肥料				有機質肥料			
	肥料名	窒素施肥量 (g m <sup>-2</sup> )			堆肥 (畜種、副資材)	代替窒素 換算量 (g m <sup>-2</sup> )	現物* 投入量 (kg m <sup>-2</sup> )	窒素 投入量 (g m <sup>-2</sup> )
		基肥	追肥	計				
化成50%減肥区	LPNKS100	4.0	-	4.0	牛ふん糞がら	2.4	2.2-2.6	11.9-12.0
慣行栽培区	尿素磷加安575	6.0		8.0	-	-	-	-
	NK化成C68		2.0					

\* : 肥効率を20%に設定した  
 使用した堆肥: 水分(63.5-67.9%)、全窒素(現物当たり0.46-0.54%)

### 3. 育苗箱施肥との組合せ

育苗箱内全量施肥とは、シグモイド型の肥効調節型肥料を育苗箱に大量に用い、育苗期間はもちろん本田の基肥、追肥を省略する技術である<sup>3)</sup>。利用可能な肥料は数種あるが、ここでは、被覆尿素(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:40-0-0)と被覆NK化成(同:20-0-20)を1:1にブレンドした肥料(同:30-0-10)(以下LPNKS100と略す)を用いた。いずれも、25°Cの条件下で成分の溶出を30日間抑制し、その後70日間で約80%の成分が溶出する肥料である。

1998年の稲作期間におけるLPNKS100の窒素溶出率は移植時が1.5%、6月29日が15%、8月10日(穂揃期)が82%、成熟期が91%であり、7月に急激に増加するのが特徴である。育苗箱施肥法では、移植時に肥料が苗とともに本田に運ばれ、ほとんどが稲の根の周辺に位置する。したがって、肥効調節型肥料のこのような溶出特性と施肥位置は、水稻による肥料の利用効率を飛躍的に高めることになる。重窒素を用いて施肥窒素の利用率を求めると、硫安を全層基肥した場合が約30%、追肥した場合が約55%である<sup>4)</sup>のに対し、被覆尿素的育苗箱内全量施肥では約70%であった<sup>3)</sup>。

前述したように、牛ふん堆肥を用いることにより、化学肥料は慣行量の30%を低減できる。この技術に、施肥効率の極めて高い育苗箱施肥を併用すれば、化学肥料の割合をさらに減らすことが可能である。具体的に「はえぬき」の場合は、第2表に示したように慣行窒素施肥量(8.0g m<sup>-2</sup>)の50%をLPNKS100で施用する。10aあたりの使用育苗箱数を23箱と設定すれば、箱あたりのLPNKS100の施用量は窒素成分で174gである。

### 4. 水稻生育の特徴

次に、両技術を組合せ、化学肥料の50%を削減した場合の水稻の生育について述べる。

第2表に示したように、牛ふん糞がら堆肥と育苗箱施肥を組合わせて化学肥料を50%減肥した区(以下化成50%減肥区と略す)と慣行栽培区(以下慣行区と略す。)を比較した。慣行区は化学肥料を用い、窒素成分で6.0 g m<sup>-2</sup>を基肥し、幼穂形成期(出穂25日前)に窒素成分で2.0g m<sup>-2</sup>追肥した。

本田での水稻の生育を第3表に、窒素吸収量を第4表に示した。

化成50%減肥区における6月15日の生育は、慣行区より草丈、茎数が少なく、特に1999年の茎

数は慣行区対比83%であった。同時期の窒素吸収量は、慣行区対比83%(1998年)、67%(1999年)であった。育苗箱施肥法による栽培では、育苗箱に施用したLPNKS100の溶出抑制期間が25°Cで30日間であることから水稻の初期生育が慣行栽培より劣ることが指摘されている<sup>3)</sup>。化成50%減肥区においても、移植から6月11日までのLPNKS100の窒素溶出量が約7%と少ないことが、初期生育に影響したと思われた。

しかし、6月30日以降は徐々に両区の差が縮まってくる。6月30日における化成50%減肥区の茎数は慣行対比94~99%であり、7月10日には化成50%減肥区の草丈は慣行区よりやや少なかったが、茎数は同等となった。育苗箱施肥のみの場合、6月30日~7月10日の生育が慣行の7、8割にとどまる<sup>3)</sup>ことから、堆肥の施用効果が明確に化成50%減肥区の生育に反映していると考えられる。したがって、成熟期における50%減肥区の生育は慣行区と差がなかった。むしろ、1998年の穂数はやや多かった。成熟期における化成50%減肥区の窒素吸収量は、年次により若干の増減があるが、2ヶ年を平均すれば慣行区と同じであった。

1998年における牛ふん糞がら堆肥に由来する窒素吸収量を推定した結果を第5表に示した。

成熟期における由来別窒素吸収量の割合は、堆肥が36%、LPNKS100が23%、地力窒素が残りの41%だった。堆肥に由来する窒素吸収量を時期別にみると、移植から6月30日までが $0.1\text{g m}^{-2}$ (2%)、6月30日から穂揃期までが $1.4\text{g m}^{-2}$ (31%)、穂揃期から成熟期までが $3.1\text{g m}^{-2}$ (67%)であった。移植から6月30日までの堆肥由来窒素吸収量は少なかったが、6月30日の稲体窒素吸収量に占める堆肥由来窒素の割合は5%であった。一方、土壌由来窒素が栽培期間を通して常に一定量吸収されていた。LPNKS100由来の窒素はその72%が6月30日~穂揃期に吸収されていた。このように、堆肥から供給される窒素は、地力とLPNKS100由来の窒素で不足する部分を補っており、6月30日以降における50%減肥区の生育量の増大に寄与したと考えられた。

以上のような生育の結果、第6表に示したように、化成50%減肥区の籾数および千粒重は慣行区並であった。精玄米重は、1998年が $626\text{g m}^{-2}$ (慣行区対比100)、1999年が $618\text{g m}^{-2}$ (同105)であり、慣行区と差がなかった。育苗箱全量施肥法による栽培では、穂数が不足することから慣行栽培に比べて収量が約10%低下する<sup>3)</sup>。堆肥との併用は、このような欠点を補い、化学肥料を50%削減してもなお安定した生育、収量を可能にしていた。

また、化成50%減肥区の粒数歩合および良質粒歩合は、慣行区よりも高く、登熟が良好になる傾向がみられた。窒素吸収量と籾数が同じレベルであれば、登熟が良くなるほど玄米の窒素濃度は低下する<sup>7)</sup>。1999年における化成50%減肥区の玄米窒素濃度は、慣行区よりもやや低くなった。

第3表 本田での生育

年次	区名	6/15		6/30		7/10		出穂期 (月/日)	成熟期		
		草丈 (cm)	茎数 (本 m <sup>-2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本 m <sup>-2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本 m <sup>-2</sup> )		稈長 (cm)	穂数 (本 m <sup>-2</sup> )	穂長 (cm)
1998	化成50%減肥区	25.1	198	35.8	451	56.2	488	8/11	78	469	18.0
	慣行栽培区	27.1	208	41.4	455	58.2	482	8/11	79.6	453	18.4
1999	化成50%減肥区	29.1	190	38.5	386	44.1	423	8/8	71.9	444	18.6
	慣行栽培区	31.1	229	41.9	410	48.8	441	8/6	71.5	446	18.6

第4表 稲体窒素吸収量

( $\text{g m}^{-2}$ )

年次	区名	6/15	6/30	7/10	穂揃期	成熟期

1998	化成50%減肥区	0.5	2.2	4.6	7.8	12.8
	慣行栽培区	0.6	2.3	4.5	8.8	13.3
1999	化成50%減肥区	0.6	2	4.6	8.4	12.3
	慣行栽培区	0.9	2.6	5.4	8.5	11.8

第5表 牛ふん糞から堆肥由来の推定稲体窒素吸収量 \*

(g m<sup>-2</sup>)

	～6/30	～穂揃期	～成熟期
稲体窒素吸収量	2.2	5.6	5
土壌由来窒素吸収量**	1.6	2.1	1.6
LPNKS100由来窒素吸収量***	0.5	2.1	0.3
牛ふん糞から堆肥由来窒素吸収量	0.1	1.4	3.1
*: 1998年の結果			
**: 上野ら5)の方法に準じて算出			
***: LPNKS100溶出試験結果および金田ら6)の施肥窒素利用率から算出			

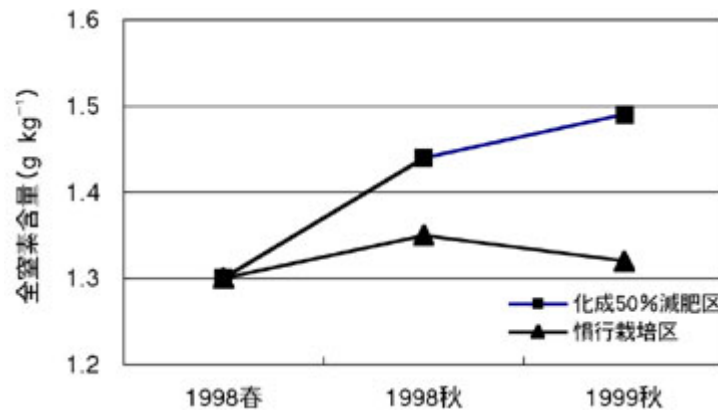
第6表 収量構成要素

年次	区名	籾数 (粒 m <sup>-2</sup> )	粒数歩合 (%)	千粒重 (g)	精玄米重 (g m <sup>-2</sup> )	良質粒歩合 (%)	玄米窒素濃度 (%)
1998	化成50%減肥区	35400	78.6	22.5	626	89.1	-
	慣行栽培区	35800	77.9	22.5	627	87.1	-
1999	化成50%減肥区	33400	81.6	22.7	618	90.8	1.3
	慣行栽培区	33600	78.7	22.6	591	87	1.37

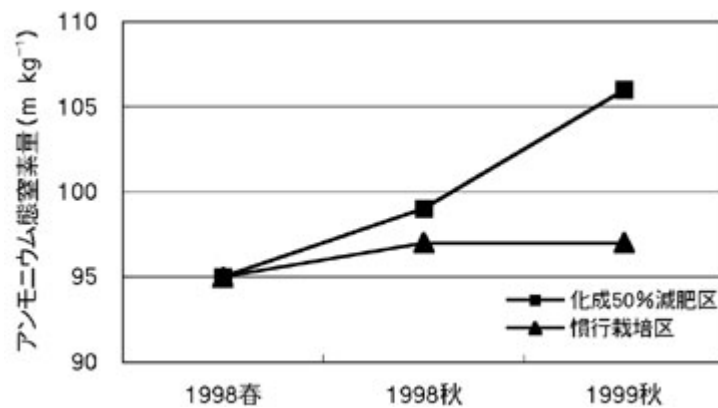
## 5. 栽培跡地土壌の窒素肥沃度の変化

化成50%減肥区における栽培跡地土壌の全窒素含量は、第1図に示したように、1998年春に1.30gkg<sup>-1</sup>であったが、1998年秋は1.44gkg<sup>-1</sup>、1999年秋は1.49gkg<sup>-1</sup>と上昇傾向がみられた。湛水培養によるアンモニウム態窒素量も、全窒素含量と同様に上昇傾向がみられた(第2図)。慣行区の各窒素量に顕著な変化はみられなかったことから、化成50%減肥区における地力窒素の富化が明らかであった。

すでに述べたように、化成50%減肥区の生育が慣行区ともっとも異なったのは、6月15日生育である。収量構成要素は慣行区並に確保したものの、寒冷地であることを考慮すれば、早い時期の茎数確保は今後の課題の一つである。第5表で示したように、土壌由来窒素吸収量の30%が移植～6月30日に吸収され、その量は6月30日における稲体窒素吸収量の73%を占める。第1図、第2図の土壌窒素肥沃度の変化は、牛ふん糞から堆肥を連用することにより地力窒素発現量が多くなることを示している。地力窒素発現量の増加は、6月30日の稲体窒素吸収量の増大につながることから、牛ふん堆肥を利用した50%化学肥料減肥栽培を続けることにより、今後、気象等の年次変動に対して現在以上に安定した栽培が可能になるとと思われる。



第1図 土壤全窒素含量の経年変化



第2図 湛水密栓培養(30°C, 4週間)によるアンモニウム態窒素量の経年変化

## 6. おわりに

堆肥を利用した化学肥料の50%減肥栽培の実施にあたっては、牛ふん糞がら堆肥を用いたが、実際に使用されている堆肥の種類と性質は多様であり、畜種ごとに肥効率や化学肥料に対する代替率が異なる。堆肥化の際に使用する副資材の種類や量によっても、稲の生育が異なってくると考えられる。したがって、今後は、地域で流通する堆肥の種類と特徴を体系的に分類し情報提供されるような体制や、堆肥の特徴が簡易に現場で判断できるような方法が求められる。

## 【文 献】

- 1) 藤原俊六郎: 土壤改良と資材, 183-201, 土壤保全調査事業全国協議会(1996)
- 2) 山形県農林水産部: 稲作指針(1996)
- 3) 熊谷勝巳・今野陽一・黒田 潤・上野正夫: 水稻の育苗箱全量施肥法, 山形農試研報, 33, 29-43(1999)
- 4) 庄子貞雄・前 忠彦: 無機養分と水の移動, 作物の生態生理, 文永堂, 97-121(1984)
- 5) 上野正夫・熊谷勝巳・富樫政博・田中伸幸: 土壤窒素と緩効性被覆肥料を利用した全量基肥施肥技術, 土肥誌, 62, 647-653(1991)
- 6) 金田吉弘・土屋一成: 育苗箱全量施肥による水稻不耕起移植栽培における窒素の利用率と気象変動の関係, 土肥誌, 68, 112-115(1997)
- 7) 松田裕之・藤井弘志・柴田康志・横山克至・森 静香・小南 カ・長谷川愿: 水稻の窒素吸収量からみた籾生産効率および精米一粒重が精米中のタンパク質含有率に及ぼす影響, 山形農試研報, 34, 35-51(2000)