

## 各種家畜ふん堆肥の肥効と化学肥料との成分調整法

(財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所 古谷 修

家畜ふん堆肥には作物に必要な、窒素、リン酸、カリなどの肥料成分が含まれているが、これまでは、堆肥を施用するに当たってはほとんどその肥料成分は考慮されずに、化学肥料への上乗せとして施用される場合が多かった。今後は、個々の堆肥について、その肥料成分と肥効を明らかにして、それを考慮した堆肥の施用が望まれる。

そこで、成分分析によって簡易に堆肥の肥効を明らかにし、堆肥と化学肥料を組み合わせることで各作物の施肥基準に合った肥料成分の調整法を開発した。

### 1. 家畜ふん堆肥の肥効とは何か

家畜ふん堆肥に含まれる肥料成分は、化学肥料と同様の効率（肥効率）で作物に使われるわけではない。化学肥料を100%とした場合に、リン酸とカリについては、それぞれ、80及び90%と効率がよく、畜種や堆肥の製造法によってもあまり変わらない。しかし、窒素については、従来は、畜種別に牛ふん堆肥30%、豚ふん堆肥50%、乾燥鶏ふん70%という数値が一般的に使われているが、同じ畜種でもかなりばらつきがあることが知られている。また、上記の肥効率はかなり長期間を対象に求めたものであり、化学肥料に相当する速効性窒素の肥効は、それよりもかなり低いのではないかと指摘がある。堆肥に含まれる窒素には、速効的な窒素と、半年、1年、2年でようやく効き出す緩効性（遅効性）窒素があるが、堆肥を施用してその分だけ化学肥料を減らす場合には、堆肥の中にどれだけ速効性窒素が含まれるかが重要である。

堆肥に含まれる窒素のうち、速効性窒素は最初から堆肥に含まれる無機態窒素と有機態窒素のうち比較的短期間に無機化される窒素からなるが、これは、堆肥を30℃で4週間培養して、その結果生じる無機態窒素量（率）から推定するのが一般的である。しかし、その測定には、手間と時間が掛かるため、堆肥の成分分析から培養無機態窒素率を精度よく推定できる手法を開発した。

### 2. 堆肥の窒素肥効（培養無機態窒素率）の簡易推定法

#### 1) 堆肥の分析項目と培養法による無機態窒素率の測定

培養無機態窒素率の推定のための分析項目として、堆肥の一般分析項目のうち、有機態窒素の無機化に関係すると考えられる、水分、灰分、pH、電気伝導率（EC）、全窒素、全炭素、C/N比、発芽率、「コンポテスター」による酸素消費量の9項目に、棚橋らの塩酸抽出無機態窒素及びその構成成分であるアンモニア態窒素と硝酸態窒素を加えた12項目を用いた。

全国の堆肥センター等で生産された、乳用牛ふん堆肥33点、肉用牛ふん堆肥34点、豚ふん堆肥32点、採卵鶏ふん堆肥35点、ブロイラーふん堆肥15点及び複数の畜種からなる混合堆肥48点の合計198点の堆肥について、上記12項目の分析を行うとともに、培養法によって無機態窒素率を実測した。

培養は土壌の可給態窒素の測定法に準じた方法によった。風乾した褐色低地土100gに、堆肥試料を全窒素量が50mg含まれるように加え、培養は30℃、4週間とした。培養終了後、無機態窒素（アンモニア態及び硝酸態窒素）を測定し、堆肥の窒素供試量で除して、培養無機態窒素率を算出した。（表1）

その結果得られた各畜種における培養無機態窒素率の変動幅と平均値を表1に示した。培養無機態窒素率は、同一畜種内でもかなりばらつきがみられたが、平均値は、乳用牛ふん堆肥、肉用牛ふん堆肥、豚ふん堆肥、採卵鶏ふん堆肥、ブロイラーふん堆肥及び混合畜種ふん堆肥で、それぞれ、6.8、11.9、15.9、17.8、15.1及び11.1%と低かった。また、ブロイラーの場合を除き、マイナスを示すものが数点あった。これは、30℃、4週間の培養で無機態窒素が微生物に取り込まれて有機化したことを示している。

このように、30℃、4週間の培養で存在する堆肥由来の無機態窒素量は、先に述べた従来用いられている肥効率よりもかなり低い。30℃、4週間培養による

# 畜産環境情報

無機態窒素が、化学肥料に相当する速効性窒素であるとする、従来の高い肥効に基づく施肥設計による堆肥の施用では、作物の初期生育に支障が生じる恐れがある。また、同じ畜種でもかなりのばらつきがみられるので、個々の堆肥の培養無機態窒素率に基づいて化学肥料の窒素供給分を削減するのが合理的と考えられる。

## 2) 培養無機態窒素率推定のための重回帰式とその推定精度

堆肥培養後の無機態窒素率を従属変数 ( $y$ )、12項目の成分分析値を説明変数 ( $x_1 \sim x_{12}$ ) として重回帰式を求めた。図1には、各畜種で、重回帰式によって推定した培養無機態窒素率 (横軸) と実測値 (縦軸) との関係を示し、図中には、それぞれの重回帰式における決定係数 ( $R^2$ ) と推定精度 (RSD、回帰からの残差の標準偏差) を示した。いずれの畜種ともRSDは5%以下となったが、RSDが5%以下であるということは、培養無機態窒素率の推定値 (%)  $\pm$  5%の範囲内に、確率的に約67%以上が入るということを意味しており、実用的には十分な精度と考えられる。

なお、ここでは、重回帰式の算出に12項目全部を使った例を示したが、説明変数を任意に減らすことができるプログラムを開発している。説明変数を減らすと、減らした説明変数の寄与率に応じて推定精度 (RSD) が低下することになるが、プログラムではどれだけ下がるかが分かるようになっている。

## 3) 可給態窒素含量の算出と肥効を取り入れた堆肥成分表の作成 (表2)

当研究所の堆肥実態調査における分析値にもとづき、重回帰式から求めた各家畜ふん堆肥の培養無機態窒素率の平均値を表2に示した。これは、作成した堆肥成分表から新たに追加した肥効の部分抜粋したものである。可給態窒素含量は、堆肥の全窒素含量にこの培養無機態窒素率を乗じると求まる。堆肥現物トン当たりのkgで示したが、乳用牛ふん堆肥の場合は、10a当たり1トンの堆肥を入れても、可給態窒素は0.7kgにしかならないのに対して、採卵鶏の場合は4.9kgとなる。リン酸とカリの可給態養分含量も、堆肥中の全含量に一定の肥効率を乗じて求めてある。この窒素、リン酸及びカリの可給態養分のバランスをみると、圧倒的に窒素が低く、とくに牛ふん堆肥ではカ

リが、また、豚、鶏ではリン酸がきわめて過剰になっている。堆肥をできるだけ多く施用するすれば、窒素含量を高めるか、カリやリン酸含量を減らしてバランスを取る必要があり、そのような堆肥の生産技術も今後は重要になると思われる。

## 3. 家畜ふん堆肥と化学肥料等による肥料成分の調整法

窒素、リン酸及びカリの可給態養分含量が、堆肥の成分分析値から堆肥ごとに算出できることになったことを踏まえ、複数の堆肥の調整 (混合) や化学肥料を併用して、各作物への養分供給量が各地域 (都道府県等) で設定した施肥基準を満足し、できるだけ過剰にならないように施肥設計を行うことができるプログラムを開発した。複数の堆肥がある場合には、前提条件を満たし、もっとも価格が安くなる堆肥を自動的に選択する。

本プログラムは、Excelのアドインソフトである「ソルバー、solver」を使用する。

### 1) 前提条件の入力

ここでは、促成栽培キュウリの例 (茨城県) を取り上げる。

①施肥基準は、窒素、リン酸及びカリで、10a当たり、それぞれ、20、40及び20kgであり、堆肥及び化学肥料で要求量を満たすようにするが、リン酸及びカリは200%以下であれば過剰になってもよい (任意に設定できる)。

②A、B、C、Dの4つの堆肥を選択候補として登録する (5つまで登録可能である)。各堆肥の分析値を入れると自動的に窒素、リン酸及びカリの可給態養分含量が表示される。各堆肥の価格を入れる。

③必要に応じて、堆肥の最大施用量を入れる。この場合は、10t/10aを最大量とした。

④可給態窒素の堆肥での代替率を設定する。この場合は、窒素の要求量の30%を堆肥でまかなうことにしたが、任意に設定できる。

⑤特定堆肥の使用割合を任意に設定することができる。この場合は、堆肥B (肉用牛ふん堆肥) を堆肥全体の50%使うことにした。

### 2) 堆肥の最適組み合わせの算出結果の表示

設定したすべての条件を満たし、堆肥全体の価格が

# 畜産環境情報

最小になるように各堆肥の使用割合が瞬時に決定される。もし、解が求まらなかった場合は、前提条件を変えて再計算させる。

図2には、入力した前提条件とともに、計算結果が示されている。堆肥は、設定通り堆肥Bが50%、その他に堆肥D（鶏ふん堆肥）が50%選択された。窒素の堆肥での代替率は設定通り30%となっており、また、リン酸及びカリは、それぞれ、要求量の134及び200%となっているため堆肥だけで充足している。

### 3) 今後の課題

家畜ふん堆肥の連用によって、耕作地への可給態養

分の蓄積がみられ、10a当たりの可給態窒素量が5～10kgという場合も珍しくない。ここで述べた肥料成分の調整法では、この土壤に蓄積されている可給態養分量については考えておらず、従来の施肥設計でもほとんど考慮されていない。しかしながら、環境保全を考えて施肥の精密化を図ろうとすれば、当然ながら土壤に蓄積された養分量を考慮する必要がある。

現在、各土壤ごとに可給態養分量を簡易に推定する研究が盛んに取り組まれており、その成果を取り込んだ家畜ふん堆肥と化学肥料等の肥料成分調整法の開発が望まれている。

表1 畜種別堆肥の培養無機態窒素率の実測値

畜種	試料数	培養無機態窒素率(%)		
		変動範囲	平均値	標準偏差
乳用牛	33	-4.9~14.8	6.8	4.7
肉用牛	34	-5.6~35.5	11.9	8.3
豚	32	-3.2~35.5	15.9	9.3
採卵鶏	35	-0.6~35.2	17.8	9.1
ブロイラー	15	3.7~36.5	15.1	8.7
混合	48	-8.0~23.3	11.1	6.9

表2 畜種別堆肥の培養無機態窒素率と可給態養含量(平均値)

畜種	試料数	培養無機態窒素率(%)	可給態養含量(現物中)		
			N kg/t	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/t	K <sub>2</sub> O kg/t
乳用牛	318	5.5	0.7	7.1	12.5
肉用牛	304	11.0	1.1	10.3	12.4
豚	144	15.3	3.7	29.2	15.8
採卵鶏	127	19.8	4.9	39.0	25.8
ブロイラー	127	12.4	3.9	23.2	22.7
混合	536	10.8	1.6	14.7	14.7
全体	1,456	11.0	1.8	15.8	15.0

培養無機態窒素率は、堆肥成分分析から重回帰式により推定リン及びカリの肥効率は、それぞれ、80及び90%として算出

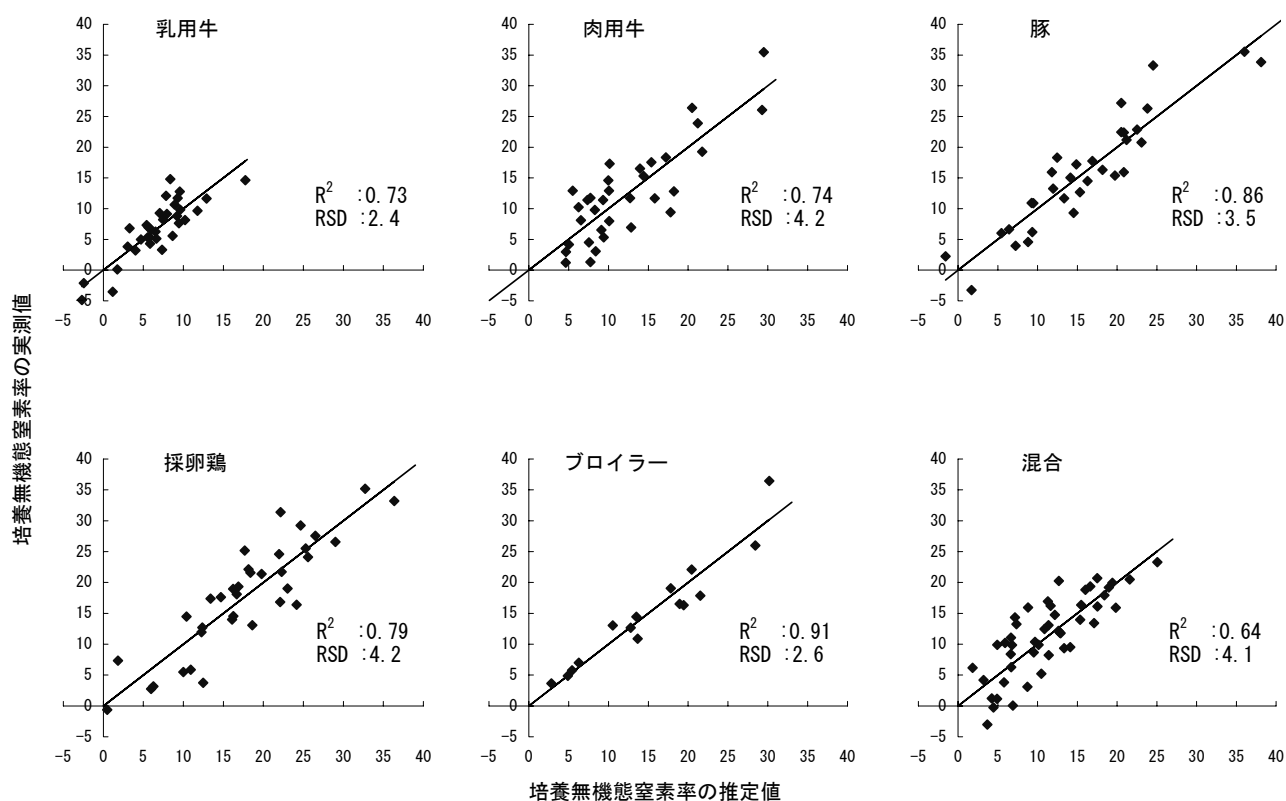


図1 各種家畜ふん堆肥における30℃、4週間培養後の培養無機態窒素率(%)の実測値と12項目による重回帰式推定値との関係(実測値が-5以下のデータの図示は省略)

# 畜産環境情報

**堆肥の最適組合せ**

使用堆肥の可給態養分（現物堆肥中kg/t）と価格(円/t)

	A	B	C	D	E
堆肥名	乳用牛 ふん堆肥	肉用牛 ふん堆肥	豚 ふん堆肥	鶏 ふん堆肥	
畜種	乳用牛	肉用牛	豚	採卵鶏	
N	0.6	0.9	3.2	4.5	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.9	9.9	28.4	38.5	
K <sub>2</sub> O	12.0	12.0	15.4	25.1	
価格	¥3,500	¥4,000	¥3,000	¥3,500	
使用割合		50%			

作物名 耕作面積(a)

きゅうり	10
------	----

作物要求量（元肥）／土壤診断

	作物必要値 kg/10a	使用上限 (%)
N	20	100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40	200
K <sub>2</sub> O	20	200

堆肥最大施用量

10a当たり	10	t/10a
--------	----	-------

可給態窒素の堆肥での代替率

30	%
----	---

	A	B	C	D	E	制約値 (max)	制約値 (min)	足りない分 マイナスは過剰	代替率	堆肥使用の割合				
	乳用牛 ふん堆肥	肉用牛 ふん堆肥	豚 ふん堆肥	鶏 ふん堆肥		必要値 上限	必要量	化学肥料等 使用量(kg)		A	B	C	D	E
使用量(t)		1.1		1.1	合計						50%		50%	
N(kg)		1		5		20	20	14	30%					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg)		11		43		80	40	-14	134%					
K <sub>2</sub> O(kg)		13		27		40	20	-20	200%					
金額		¥4,444		¥3,889										
合計金額														

図2 前提条件の入力と堆肥の最適組合せ算出画面