

堆肥を「戻し敷料」として活用する場合の留意点

雪印種苗(株) 千葉研究農場

飼料研究室

リンドン F・キニチヨ

はじめに

近年、堆肥を牛糞尿処理の水分調整あるいは敷料として戻す方法が広まりつつあります。そこで、当農場の事例を主体に「戻し堆肥」の活用方法について説明いたします。

1 「戻し堆肥」とは

適度な水分を含む糞尿等の堆肥材料を高温発酵させると、低水分で大腸菌等の不良微生物の極めて少ない良質の堆肥が出来上がります。この高温発酵した堆肥は敷料として牛舎の通路やベッドに敷くことができます。このように牛舎から排出された糞尿を堆肥化させ、再度、牛舎(牛床、通路)に戻す、あるいは糞尿の水分調整材として利用される堆肥のことを「戻し堆肥」と称しています。

「戻し堆肥」は購入敷料の量を半減できるので経済的であり、放線菌やパチルス等の有用菌で満たされるので、牛舎内の微生物環境も良好と考えられます。

2 沃野による「戻し堆肥」の作り方

当社が現在普及しているロータリーキルン型堆肥発酵機「沃野」による糞尿処理システム(詳しくは本誌、「牧草と園芸」1993年8月号, 1994年12月号, 1995年5月号, 1995年11月号を参照して下さい)においても、

「戻し堆肥」はシステムの重要な条件になっています。当農場では、「戻し堆肥」を利用した沃野による糞尿処理を始めて3年以上がたっております。

前述のような「沃野」による糞尿処理システムは誌上でご紹介しておりますが、概略は次のとおりです。

けい養牛には土壤微生物発酵飼料・スノーエックスが給与されており、それらの糞尿と敷料(戻し堆肥およびオガ屑)が混合されたものが「沃野」に投入されます。表1には、「沃野」管体内の堆肥の主な微生物フロラを示しています。管体が回転しているため、糸状菌は少なく、好气的条件下であるため、嫌気性菌よりも好気性菌の増殖が高くなっています。堆肥材料は投入してから1週間発酵させて排出されます。排出された堆肥は堆肥舎に積まれ、2~3か月の間に2~3回切り返しが行われ、有機質肥料「戻し堆肥」として完成されます。「沃野」で処理したものは堆積後速やかに微生物の増殖が活発化し、堆肥温度が上昇します(写真1参照)。表2には、二次処理時(堆肥舎での堆積)における主な微生物フロラを示しています。堆積内部では高温性の細菌および放線菌の増殖が高く、糸状菌の増殖はほとんどありません。堆積

表1 沃野管体内の主な微生物フロラ (cfu/g) (平成5年4月・千葉研究農場)

日数	堆肥温度 (°C)	細菌 (37°C培養時)	好気性菌 (55°C培養時)	嫌気性菌 (55°C培養時)	酵母 (26°C培養時)	糸状菌 (26°C培養時)
0	31.4	2×10^8	4×10^5	2×10^5	$< 10^2$	3×10^3
1	51.4	6×10^8	3×10^5	6×10^4	1×10^5	$< 10^2$
3	54.5	2×10^8	1×10^6	2×10^4	5×10^4	$< 10^2$
5	50.3	7×10^8	1×10^5	6×10^4	1×10^5	$< 10^2$
7	47.9	6×10^7	2×10^4	$< 10^4$	4×10^4	$< 10^2$

注) 処理材料: 牛糞尿、オガ屑、ノコ屑



写真1 当農場の堆肥切り返し作業

表2 二次処理時（「沃野」からの排出後）の堆肥菌数（cfu/g）（平成7年4月・千葉研究農場）

	堆肥温度(°C)	中温菌(30°C培養)			高温菌(60°C培養)		
		細菌	放射菌	糸状菌	細菌	放射菌	糸状菌
1回目切り返し前 (20日間堆積)	48.2	7×10 ⁵	<10 ⁵	<10 ²	1×10 ⁷	2×10 ⁷	<10 ²
2回目切り返し前 (40日間堆積)	54.2	1×10 ⁵	<10 ⁵	3×10 ⁵	4×10 ⁷	2×10 ⁷	<10 ²
2回目切り返し前 (40日間堆積表面)	14.2	2×10 ⁸	6×10 ⁶	7×10 ⁶	3×10 ⁷	1×10 ⁷	<10 ²
3回目切り返し前 (60日間堆積)	63.8	3×10 ⁶	8×10 ⁵	2×10 ³	<10 ⁴	<10 ⁴	<10 ²

表面では、温度が低いいため、糸状菌の増殖が認められます。

3 「戻し堆肥」の調整、利用の注意点

「戻し堆肥」をベッドの敷料とする上で問題になるのが糞中に含まれる可能性のある乳房炎等の病原菌や寄生虫（卵）の存在です。この問題を解決する鍵は堆肥材料の均一な攪拌（発酵ムラをなくす）、堆肥の発酵温

度、「戻し堆肥」の水分にあります。

1) 堆肥の温度を60°C以上に上げる

当農場における「沃野」による堆肥温度は、夏期には一次処理での最高温度は55°C前後、二次処理では堆肥温度は70°C前後で推移します。一方、冬期においては、一次処理での最高温度は30°C前後、二次処理での堆肥温度は60°C前後で推移します。

一般に病原菌および寄生虫（卵）は60°C前後で死滅することが知られています。表3には、病原菌および寄生虫の死滅温度と死滅時間を示しています。当農場では60°C前後の品温、水分40~60%の状態が1~2か月間持続しているので問題ない

であろうと考え、「戻し堆肥」を始めたのですが、実際、表4に示されるように、病原菌繁殖の指標となる大腸菌数も10²以下と低い値を示しています。

このように堆肥の発酵温度を上げることは、「戻し堆肥」を敷料とする上で大事な条件です。冬期間は外気温が低くなるため、堆肥温度が上がりづらくなりま

表3 病原菌および寄生虫の死滅温度と死滅時間*

種 類	死滅温度と時間
<i>Salmonella typhosa</i>	生育上限46°C；55~60°C、30分以内に死滅
<i>Salmonella spp.</i>	55°Cで1時間以内に死滅； 60°Cでは15~20分以内に死滅
<i>Shigella spp.</i>	55°Cで1時間以内に死滅
<i>Escherichia coli</i>	55°Cで1時間以内に大部分は死滅、 60°Cでは15~20分以内に死滅
<i>Endamoeba histolytica</i>	68°Cで死滅
<i>Taenia saginata</i>	71°Cで5分以内に死滅
<i>Trichinella spiralis larvae</i>	62~72°Cで死滅
<i>Brucella abortus or suis</i>	61°Cで3分以内に死滅
<i>Micrococcus phogenes var. aureus</i>	50°Cで10分以内に死滅
<i>Streptococcus pyogenes</i>	54°Cで10分以内に死滅
<i>Mycobacterium tuberculosis var. hominis</i>	66°Cで15~20分以内に死滅
<i>Mycobacterium diptheriae</i>	55°Cで45分以内に死滅

注) *Composting. A Study of the Process and its Principles, Golueke (1975)より引用

表4 沃野堆肥の大腸菌数 (cfu/g)

	水分(%)	肥温度(°C)	大腸菌数
沃野処理前 (投入時)	70.8	22.3	5.1×10^4
	66.7	17.1	6.8×10^4
沃野処理後 (排出時)	66.4	53.0	1.1×10^3
	63.5	44.2	1.0×10^4
戻し堆肥	52.1	57.2	$< 10^2$
	40.2	65.3	$< 10^2$

す。さらに堆肥材料の水分が高くて堆肥の発酵温度は上がらなくなりますから、特に寒冷地の冬期間では堆肥の水分調整を確実にし、保温対策(堆肥にシートをかぶせる等)が必要になります。

2) 「戻し堆肥」の水分を40%以下にする

例え堆肥の発酵温度が上がり、一次的に病原菌が減少しても水分が高いものであったり、またベッドに敷いた「戻し堆肥」が牛の糞尿で汚染されれば、新たに病原菌や寄生虫(卵)が生存することになります。実際、敷料を「戻し堆肥」としている農家の堆肥サンプルの分析例でも、水分が高いものは大腸菌数が高い傾向にありました。したがって、「戻し堆肥」は低水分のものを利用することが原則です。

3) 発酵ムラをなくす

均一に攪拌されず、水分が高い箇所があって温度が上がらない、いわゆる発酵ムラがある場合は病原菌が生存する条件を作ることになります。堆肥の切り返しをバケツ等でやる場合は特に注意が必要です。

なお、上記の「戻し堆肥」を敷料にする際の原則は、沃野システムに限らず、いずれの方式にも当てはまると考えます。

4 「戻し堆肥」の有効性

きちっとした条件で堆肥発酵させなければ、「戻し堆肥」を敷料として使用することはできません。一方、大部分のフリーストール牛舎ではストールの通路部分には敷料を敷かず、糞尿は泥状になり、アンモニア、他の臭気の発生が多くなり、また、病原菌に汚染しやすい状態にあるといえます。また、敷料として用いられるオガ屑もその品質によっては、大腸菌あるいはクレブシラ菌等が高いこ

とが知られています。このような厳しい条件に対して、品質が安定した「戻し堆肥」を活用できることは、上述の牛舎環境の改善と敷料費の大幅な低減に役立ちます。

当農場での例では、「戻し堆肥」を使用してからも蹄病等の失宜以外からの蹄病は発生していません。乳房炎の発生率も使用前に比較し低い値を示しています。バルク乳の体細胞数もこの3年ほとんどが10万以下となっています。確かに蹄病、乳房炎等の原因は種々の条件がからんでいるわけですが、当農場の場合、「戻し堆肥」が悪く作用していないことだけは確かです。

さて、上述のような微生物の発酵により「戻し堆肥」にしたものと、いわゆるハウス内で天日乾燥あるいは火力等で強制乾燥したものとの違いを検討することも必要です。

ここでご紹介したのは、あくまで主に中・高温を好む微生物が増殖し、その発酵熱で「戻し堆肥」にする方式です。表2に示したように、「沃野」による糞尿処理システムにおける主なマイクロフローラの推移では活動の主体は中・高温性の細菌、放線菌です。一般に、このような菌は病原菌と拮抗関係をもっており、病原菌の死滅を早めていることが知られています。「沃野」による糞尿処理システムにおいては、写真2のような放線菌の増殖の特徴である白色層を形成します。このような「戻し堆肥」を敷料として使用した場合は病原菌の繁殖を抑制することは十分考えられます。しかし、糞尿をただ乾燥したものでは、糞尿等で汚染され



写真2 放線菌の特徴である白色層

れば、それが栄養源になり、病原菌が繁殖しやすくなることが知られています。今後は、実際に高温発酵させた堆肥の病原菌への拮抗作用を実験・検証する必要があると考えています。

5 一般的な「戻し堆肥」作り

これまで、主に当社沃野による糞尿処理システムでの戻し堆肥作りを説明してきましたが、一般のバークリーナ方式、フリーストール方式においても、特殊な機械装置を使用せず、バケットローダーと堆肥舎の設備を持つことで同様に行うことができます。以下、その基本技術について説明します。

1) 種堆肥作り

まず、糞（尿）をオガ屑、もみガラ、わら類等で水分調整し高温発酵させ、水分40%以下の種堆肥を作ります。3か月で「戻し堆肥」をつくるサイクルにするならば、3か月は経費はかかりますが、上記の水分調整材で種堆肥を作ることになります。しかも3か月間はけい養牛の糞（尿）の全量が種堆肥に使わなければ「戻し堆肥」の量が確保されなくなります（ただし、「戻し堆肥」以外に水分調整材を使用する場合、確保する量は少なくなります）。種堆肥作りがやりやすいのは堆肥温度が上がりやすい3月以降の暖かくなってからです。

2) 堆肥場の確保

堆肥ハウス舎で作る場合は異なりますが、一般には、少なくともけい養牛の糞（尿）および戻し堆肥3か月分を雨に当てずに置ける堆肥舎が必要になります。処理方法にもよりますが、成牛1頭当たり6～9 m²の堆肥舎は欲しいところです。

3) 堆肥の発酵温度を上げ、水分を飛ばす

「戻し堆肥」のほかに水分調整材を使用しない場合は、生糞（尿）の水分によりますが、生糞と「戻し堆肥」の割合は重量比で1：1～2.5（容積比ではおおよそ1：2～2.5）が目安になります。これにより堆肥材料の水分を60%程度にし、高温発酵する条件を作ります。

具体的には糞尿の固と液がある程度分離できる方式、あるいはハウス舎で予備乾燥できる場合は水分が80%以下となっていますので、「戻し堆肥」だけで発酵に好ましい水分調整ができます。

しかし、固液分離できない、あるいは予備乾燥ができない場合は糞の水分が高過ぎ、「戻し堆肥」だけで水分調整するには量が多くなり、現実的ではありません。また、「戻し堆肥」の水分が40%以下になっていない場合、上述の混合量よりさらに増え、堆肥場に収まりきらなくなります。このような理由からオガ屑等の他の水分調整材を併用する方が失敗は少なくなります。

発酵温度が上がっても、切り返しが適切に行われなければ水分を飛ばすことはできません。発酵温度を保ちながら切り返しを4～5日に1回の割合で2～4か月行えば、外気温によりますが、水分を40%以下にすることができます。堆肥舎に通気ブローを併設すれば、切り返しの回数および完成までの期間を短縮することができます。

しかし、北海道のような寒冷地の冬期間では、上述したような一般的な方法のみで「戻し堆肥」作りをするのは難しいと予想され、今後の検討課題と考えています。

おわりに

これまで種々の調査、試験を通じて、微生物が増殖する条件を作れば糞尿も生まれ変わり、良質の有機質肥料、敷料に変身することを確認し、前述の糞尿処理技術の普及に努めています。

「戻し堆肥」は糞尿処理の経費を下げ、牛舎環境を良好にする画期的技術です。百聞は一見にしかず、ぜひ「戻し堆肥」の良さを知って頂きたく、ご来場をお待ちしております。

