

MgO 20~30 mg/100 g 乾土) 以下にならないように適宜補給することです。

おわりに

以上述べてきた冬枯れ対策はとくに特殊な管理を必要としているわけではありません。施肥標準並みの施肥量で、8月下旬という施肥時期に留意することがポイントです。道東でオーチャードグラスの維持を困難にしている理由の一つとして、管理の均一化、一斉化があげられます。すなわち、草地管理の姿勢がチモシー向き、採草地向きにか

たより過ぎていのように思われます。生態的に安定なチモシーと不安定なオーチャードグラスでは当然異なった管理が必要です。また、利用方法の異なる放牧草地と採草地についても同じことが言えます。今後、放牧草地の効率的な利用を旨とするためには、再生力の旺盛なオーチャードグラスの特性を十分に活用する必要があります。実際の草地管理の中に今まで述べてきたようなオーチャードグラスを維持しうる技術を浸透させて、オーチャードグラス不安定地帯での冬枯れの克服を期待します。

家畜ふん尿の土壌還元利用

農林水産省草地試験場 吉野 実

はじめに

かつて昭和40年代の当初、畜産公害問題が頻発し、畜産経営者にとって、家畜ふん尿の処理は頭痛のたねであった。本来、家畜ふん尿はまぎれもなく産業廃棄物に属しているため、一般産業廃棄物と同等の措置をとるとなると、これは畜産業にとって致命的なことであった。幸いなことに、正しく農地に還元利用するという条件で、とにかく家畜ふん尿は特別扱いされることになったという経緯がある。

今でこそ、家畜ふん尿は農作物の栽培において収量の増大、品質の向上に役立つほか、土壌の理化学性を改善するのに貴重な物料であることが広く浸透しているが、「のどもと過ぎれば熱さを忘れ」のたとえどおり、従来のような家畜ふん尿の土壌還元利用に対する慎重さが次第にうすれてきている。

おりしも、本誌編集係から執筆の依頼があったので、わが国における家畜ふん尿の土壌還元利用の調査結果や全国各地域における土壌還元利用の

実態をみて歩いた知見に基づいて拙稿をとりまとめ、その責めを果したいと考える。

1 土壌還元限界量の考え方

化学肥料には施用限界量という言葉がほとんど聞かれない。それは、主として経費の問題からであろうか。それでも、やり過ぎれば種々の障害が起る。土壌・植物の側に立って造られた肥料でさえこんな具合だから、家畜ふん尿の施用には心配ごとが先に立ってしまう。土壌還元といえば聞えはよいが、どこかふん尿の土壌成分という響きがある。かけがえのない土壌は少しでも悪化させてはならない。そこで、家畜ふん尿に限って限界量という言葉が使われたのだろうが、筆者はあくまで、家畜ふん尿の施用量ということで考えたい。

一口に家畜ふん尿と言っても、牛、豚、鶏の区別によってふん尿成分が違うので、家畜の種類はもちろん、ふんと尿の分離や乾燥などの前処理のいかんによって、施用量がそれぞれ異なるのは当然である。更に、土壌に施用されたふん尿がよく分解されること、作物によく吸収されること、余っ

て地下に流亡した成分が公害問題を起さないこと、これらの諸条件が満足されるほど、それだけ余計にふん尿の施用が可能となる。従って、土壌の理化学性、作物の種類、気温や降雨等の気象条件、立地条件なども施用量を規制する重要な要因となる。従って、厳密には施用限界量にも地域性を考慮する必要がある。しかし、本稿では、地域性以前の問題として、家畜ふん尿の限界量というものをどう考えるかという基本的問題について概論することとする。

家畜ふん尿を上手に使いこなせば、土づくりの成果があがり、これが良質・安定・多収につながるるのであるが、とかく家畜ふん尿はある所には利用しきれないほどたまる特徴がある。この余ったふん尿は、なんとかしなければならぬ。そこで、畜産農家はもちろん、一般の耕種農家も含めて、かなり多量のふん尿を農地に投入している場合が多い。このような多量還元の場合、はじめは収量や品質を考えながら、一方では土づくりを念頭におきながら慎重であるが、これがいつのまにか、農地をふん尿の捨て場と考えた施用法、すなわち、ここまで施用しても大丈夫という施用限界量の考え方に変わってしまう。

環境汚染への影響の度合の予測はその要因の解析が極めて複雑なために困難なので、投入限界量的な考え方はできるだけ避けるべきである。この場合、増収限界量的施用量の考え方も、たとえ収量的に最高の値がえられても、品質の劣悪化が問題なので品質への影響も十分に考慮する必要がある。要するに、多量施用において投入限界量的発想は、行政指導上の問題点として、家畜ふん尿も一般産業廃棄物処理に関する政令(昭和46年9月)の適用

範囲となりかねないという危惧がある。あえて警告しておきたい。

2 家畜ふん尿の中身

(1)家畜の種類によるふん尿成分の特徴 畜種による各ふん尿成分の相違のうち、ごく常識的な知見として、鶏ふんは窒素成分が著しく高く昔からその肥効が高く評価されていること、豚ふんは窒素やリン酸の量が鶏と牛のほぼ中間であること、牛ふんは肥効は低い繊維成分が多いのでむしろ土壌改良資材の効果が高いこと、そして牛尿はカリ含量がとくに高いこと、などがあげられる。

家畜ふん尿をより適正に施用するには家畜の種類によるふん尿成分の特徴をよく知っておく必要がある。豚や鶏のような単胃家畜は砂糖やデンプン、脂肪、タンパク質などの栄養源を飼料に依存しており、自分でセルロースや尿素を消化吸収することができない。従って、飼料中のセルロース成分はそのままふん中に排せつされる(ただし、馬はセルロースを部分的に分解することができる)。

表1-1 鶏ふん及び処理物の肥料成分含量(現物中%)

ふん処理物		項目	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
採卵鶏	生ふん		63.7	1.76	2.75	1.39	5.87	0.73
	乾燥ふん		19.0	3.05	5.12	2.44	9.21	1.13
	おがくずきゅう肥		54.1	0.91	1.74	1.25	3.53	0.46
プロイラー	生ふん		40.4	2.38	2.65	1.76	0.95	0.46
	乾燥ふん		15.1	3.06	4.76	2.95	4.32	1.20
	おがくずきゅう肥		43.6	2.29	2.63	1.54	2.86	1.14

表1-2 豚ふん尿及び処理物の肥料成分含量(現物中%)

ふん尿処理物		項目	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
生ふん			69.4	1.09	1.76	0.43	0.10	1.35	0.50
乾燥ふん			24.3	2.58	4.50	1.49	0.54	3.44	1.25
おがくずきゅう肥			57.7	0.95	1.08	0.67	0.04	1.40	0.41
稲わらきゅう肥			69.7	0.87	1.88	1.48	0.17	0.38	0.24
もみがらきゅう肥			39.5	1.38	2.25	0.94	—	2.56	0.75
機械分離固形物			75.5	0.62	0.48	0.09	0.03	0.37	0.09
機械分離液			99.3	0.13	0.05	0.07	0.04	0.02	0.01
液状きゅう肥			96.0	0.39	0.23	0.18	0.05	0.12	0.07
生尿			98.0	0.48	0.07	0.16	—	0.24	0.04

表1-3 牛ふん尿及び処理物の肥料成分含量(現物中%)

ふん尿処理物		項目	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
生ふん			80.1	0.42	0.34	0.34	0.03	0.33	0.16
乾燥ふん			28.0	1.65	1.85	1.72	0.69	1.58	0.72
おがくずきゅう肥			65.5	0.59	0.62	0.67	0.17	0.74	0.24
稲わらきゅう肥			77.5	0.47	0.48	0.52	0.15	0.49	0.19
もみがらきゅう肥			72.7	0.38	1.69	0.55	—	0.22	0.17
乾草きゅう肥			75.2	0.57	0.35	0.56	0.08	0.58	0.22
液状きゅう肥			91.9	0.37	0.19	0.43	0.09	0.26	0.11
生尿			99.3	0.56	0.01	0.87	0.06	0.02	0.02

注) 全国都道府県の農事・畜産関係試験場の分析値より集計

これに反して、牛などの反すう家畜は第一胃に無数のバクテリアやプロトゾアが生息し、セルロースを容易に消化利用することができる。また、尿素や硝酸態窒素などもタンパク源として吸収利用できる。従って、反すう動物のふん中には不溶性有機物が極めて少ない。また、微生物菌体も多く含まれ、ふん中有機物の $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ はこの菌体細胞に由来するといわれている。

(2)ふんと尿の相違 わが国における模範的な畜産農家を対象とした家畜ふん尿の土壤還元調査結果によれば、牛尿を散布した場合(通常10a当り2t)、このほかにほとんど肥料を施用していない事例が意外と多い。表1に示すように、牛尿は水にカリを溶かしただけの溶液のようなもので(Kに次いでNも含まれているが)、牛尿だけでは窒素、リン酸、石灰、苦土、その他の微量元素を必ず補給しなければならない。

飼料中の肥料成分がふんと尿に移行する割合は、おおむねNはふんと尿にそれぞれ50%ずつ、Pは100%ふんに、Kはふんに25%、尿に75%程度である(鶏を除く)。ふん中には飼料の不消化物のほか消化器官からの分泌物、組織片、微生物菌体などがたくさん含まれている。従って、ふんは尿に比べて有機物含量が高く、土壤改良資材としての働きが大きい。とくに牛ふんの土壤改良資材としての役割は鶏や豚より著しく大きい。また、N、P、Kのほか、Ca、Mg、その他の微量元素に富む。一般にふんの肥効は緩慢で遅効性なので、基肥として施用した方が効果的である。尿は有機物含量が非常に低く、K、Nが主体である。N、Kは速効性で化学肥料と同等の肥効を示すが、土壤改良効果は期待できない。

3 木質添加物利用上の問題点

昔は敷料としてワラ類、藻類、乾草などの比較的分解しやすい有機物が用いられていた。近年では、おがくず、もみガラ、バーク、チップなどが用いられている。とくにおがくず利用の伸びが著しく、最近、オガライトやエノキダケ培地用などと競合して、年々入手が困難になっている。本稿では代表的添加物であるおがくずについて述べる。

おがくずの化学成分はセルロース50~60%、ヘ

ミセルロース10~20%、そのほかに灰分、粗脂肪、タンニン、色素などがある。おがくずは炭素率が高く、フェノール酸、タンニン等の物質が種子の発芽、初期生育を阻害する。また、外材おがくずには海水中の塩分、消毒薬や防腐剤が残留している場合がある。これらの化学成分の中で、注目されるのはフェノール化合物や樹脂類である。これらの成分は60~70℃の発酵熱で約1~2か月も処理すればほとんど分解する。しかし、木片の表面は容易に黒色化するが、阻害物質を含めて木質部が完全に分解し終わるには通常5か月は要する。なかでも、セルロースは、実際には、より難分解性のリグニンとからみ合った状態で存在しているので、理論どおりには分解しない。従って、おがくずのような木質添加物を加えた家畜ふん尿堆肥を施用する場合は、まず完全に腐熟しているかどうか確かめることが大切である。

次におがくずなどの木質添加物を利用した場合に起る二・三の現象について簡単に解説する。

作物の窒素飢餓：未熟なものを施すと、土壤のC/N比が上昇して、土壤微生物活性の低下に伴う農作物の窒素飢餓が起る。このため、完全に腐熟させてC/N比を低下させる必要がある。窒素飢餓の直接的対策としては尿素の散布が有効である。

農作物のしおれ：おがくずきゅう肥を多施すると粗大孔隙ができやすく、このため毛管が断たれて下層からの水の供給が停止することがある。とくに、完熟手前のおがくずきゅう肥の施用やその連用では、かんがいを行なって土壤水分をいつも正常に保つよう心がける必要がある。

土壤中の窒素成分の流亡損失：家畜ふん尿を常時多量施用すると土壤構造が多孔質となり、土壤が好氣的条件になる。この結果、硝酸化成作用が活発となり、窒素成分が硝酸態となって一層流亡損失しやすくなる。

土壤伝染性病害の多発：白絹病や紋羽病などの土壤伝染性の作物病害は主として糸状菌を媒体として発生する。この糸状菌はリグニンを主な栄養源としているので、未熟な木質部の混入した家畜ふん尿堆肥の施用は上記の土壤伝染性病原菌の繁殖を促進することになる。

4 腐熟させることの意義

腐熟の重要性を考える場合には、ふん尿を排出する畜産農家とこれを利用する耕種農家に分けて考える必要がある。なぜならば、畜産農家としては毎日排せつされるふん尿が1日も早く悪臭がなくなり、水分が減って広域流通に適した性状になればよいと考えている。これに対して、耕種農家では悪臭がなく水分が減って取扱いやすいと同時に作物の生育収量の増大、品質の向上に役立つものでなければ意味がない。まして、被害を惹起するようでは論外である。更に、土壌の物理性・化学性・生物性の改善向上に役立つことが要請される。

さて、家畜ふん尿を腐熟させることの重要性については今更いうまでもないが、未だに若干混乱があるようなので、あえて腐熟処理の重要性について列挙すれば次のようである。

(1)ふん尿の容積、重量、粘性、悪臭、汚物感等を減じ、搬送や施用などの取扱いを容易にする。

(2)作物に対するふん尿の有害作用を軽減する。すなわち、腐熟によってふん尿中の有機物が分解されてガスの異常発生を防ぐことができる。とくに鶏ふんは強制的に乾燥された未分解物がたくさん含まれているので、ハウスやマルチ栽培ではガスによる被害が大きい。また、C/N比を低下させて作物の窒素飢餓を防止する。おがくずなどに含まれているフェノール化合物やタンニンなどの有害物質を分解する。ある種の糸状菌の繁殖を抑え

表2 発酵処理液状牛ふん尿中の雑草種子の発芽率

処理時間	ギシ		クロ		イタリアンライグラス	
	発酵処理	生牛ふん尿	発酵処理	生牛ふん尿	発酵処理	生牛ふん尿
5時間	60	73	—	—	—	—
24時間	45	85	0	76	0	84
48時間	34	62	1	37	0	70
96時間	調査中	調査中	1	5	0	51

(福井県畜試経営環境課, 1981)

表3 牛ふん尿及び処理物の肥料成分含量 (現物%)

ふん尿	項目	水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
生	尿	99.3	0.56	0.01	0.87	0.02	0.02
生	ふん	80.1	0.42	0.34	0.34	0.33	0.16
※生	ふん尿	90.0	0.36	0.19	0.44	0.23	0.12
液状	きゅう肥(スラリー)	91.9	0.37	0.19	0.43	0.26	0.11
おがくず	きゅう肥	65.5	0.59	0.62	0.67	0.74	0.24
乾燥	鶏ふん	15.1	3.1	4.8	2.9	4.3	1.2

注) 全国都道府県の農事・畜産関係試験場の分析値(最近の約5年間)より集計したもの。
乾燥鶏ふんはプロイラーの場合である。
※農林水産省技術会議収集集資料(1974)による。

て農作物の病害発生を防ぐ。

(3)肥料成分含量を高め、作物による吸収利用をよくする。

(4)ふん尿中に混入している病原菌、雑草種子、害虫卵を死滅させる(表2参照)。

5 優良畜産農家における家畜ふん尿の土壌還元の実態とその問題点

ここでいう優良畜産農家とは、中央畜産会の畜産経営土地利用技術優良事例選考委員会で選ばれた昭和53~56年度の畜産農家である。いずれも優れた経営内容であるが、そのうち家畜ふん尿の土壌還元利用の実態について集約を試みた。

(1)施肥の実態 いずれの畜産農家も自家生産の家畜ふん尿を堆積発酵させ、精力的に土づくりに努力している。しかし、ふん尿の多量施用に伴う窒素の過剰に基づく品質の低下やミネラルバランスの不均衡などが問題になっている。乳牛の硝酸中毒やグラスステアニーなどの発生は上述のようなことが原因となっている場合が多い。

表3に牛ふん尿及び処理物の肥料成分含量を掲げた。この成分比が地域によってまちまちなので、優良事例はすべて本表にしたがって統一し、図1を描いた。図は全施用分量に占める化学肥料施用分量と家畜ふん尿施用分量を昭和53~56年度の4か年の平均値として示したものである。これによると、全施用分量が各要素(N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO)とも畑が草地をはるかに上回っている。このうち、化学肥料は家畜ふん尿の施用

(%)量ほど顕著ではないが、畑に

におけるCaOの投入量は金肥、家畜ふん尿ともに驚くほど多

い。この事実は畑における農作物の塩類濃度障害に基づく

いわゆる連作障害発現の主因の一つとなっている。

(2)施肥の問題点 いうまでもなく、牧草や飼料作物栽培における施肥の目的は収量の安定多収と品質の向上であることは周知のとおりであるが、とくに家畜が好んで食べる餌

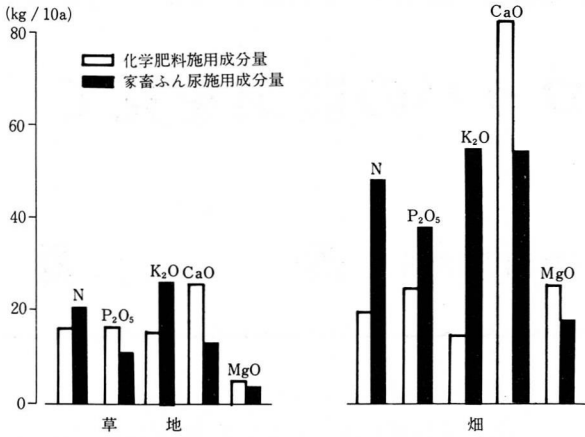


図1 全施用成分量に占める化学肥料施用成分量と家畜ふん尿施用成分量の対比 (1982, 吉野)
注) 昭和53~56年度の4か年の平均 (kg/10a)

の生産であることを忘れてはならない。

大部分の優良事例において、肥料成分がN, P, K, Ca, Mgの肥料五要素に限定されていること、各要素間のバランスに特別な配慮がみられないことなどが主な問題点として指摘される。一般にトウモロコシや麦類はもちろん、ソルガム、オオクサキビ、ハトムギなどに対しては耐病性、耐倒伏性を賦与する意味でケイ酸質資材の施用を推奨する。また、比較的吸収量の多い鉄、マンガン、ホウ素などの微量元素についても、作物の種類によっては積極的に施用する必要がある。また、前述のように、草地、畑の別を問わずCaの施用量が総体

表4 牧草体中の適正值

硝酸態窒素	0.15%以下	0.22%以上になると硝酸中毒の危険がある。
Ca/P	1~2の範囲	これより多くても少なくても適正でない。
K/Ca+Mg	1.5以下	2.2以上になるとグラスタニーの発生率が高くなる

表5 牧草体中のK/Ca+Mg比と乳牛のグラスタニー発生率 (Kemp, 1966)

牧草中のK/Ca+Mg比	グラスタニー発生率(%)
<1.01	0
1.01~1.40	0
1.41~1.80	0.06
1.81~2.20	1.70
2.21~2.60	5.10
2.61~3.00	6.80
3.01~3.40	17.40

的に著しく増大しているため、ミネラルバランスには家畜栄養上とくに留意されたい。

一方、家畜ふん尿利用では、とくに多量施用になりがちであるが、このような場合は窒素の過剰施用に陥りやすく、更に高ずると作物体内に硝酸態窒素が多量に集積し、家畜の硝酸中毒の誘因となる。また、牛尿利用に伴うKの過剰施用が問題である。表1に示したように牛尿はKのみが特異的に高いので、適正な牛尿散布量はこのK含量を基準にして算出される。と同時に、他の養分の施用を見落さないように注意すべきである。

あとがき

家畜ふん尿の作物別の具体的な施用方法は他誌に譲ることとし、本誌では、家畜ふん尿の土壤還元に対する基本的な考え方並びに土壤還元の限界量について率直に私見を開陳した。近年における環境保全に関する社会情勢は一段と厳しさを加え、とりわけ湖沼の富栄養化、河川の水質汚濁は、今や世界共通の課題としてクローズアップされるようになった。このような背景のもとに、ふん尿の土壤還元問題は一歩前進した考え方を取る必要に迫られている。というのは、単に土壤・植物への影響にとどまらず、ふん尿中の諸成分とくに窒素の水域への流出についても周到な配慮が大切である。

また、とくに強調したいのは、土壤還元は、当面、最も合理的な処理法であると考えられることである。なぜなら、他のいずれの方法も、現実には生じた老廃窒素化合物を有用な植物タンパクとして人間及び家畜に再供給する土壤還元法には到底及ばない。この大自然の法則にかなった循環方式をいつまでも正常に回転させるために一層英知を結集すべきだと考える。