原著論文

廃棄粉末消火薬剤を用いた乳牛ふん尿スラリーの肥料成分調整

谷 昌幸*・坂本直久**・岸本 正*・梅津一孝*・池滝 孝*・近藤鍊三*

*帯広畜産大学

**㈱モリタ

Supplementation of Fertilizer Efficiency of Dairy Cattle Slurry by Recycled Dry Chemical Extinguishing Agents

Masayuki TANI*, Naohisa SAKAMOTO**, Tadashi KISHIMOTO*, Kazutaka UMETSU*,
Takashi IKETAKI* and Renzo KONDO*

*Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

**Morita Co., Ltd.

1. 緒言

乳牛ふん尿を原料とするスラリーは、速効性の肥料成分を多く含む液体肥料として草地や畑地に還元されている。とくに北海道では、スラリー散布に要する広い耕地面積を確保しやすく、乳牛ふん尿処理方法の一つとしてスラリー処理は比較的適していると考えられている(志賀ら 2001)。また、乳牛ふん尿処理方法の一つとしてバイオガспラントによるメタン発酵処理が注目されているが、処理後の消化液の農地還元方法の確立が大きな課題となっている(松田 2003)。しかし、乳牛ふん尿スラリーに含まれる肥料成分の成分バランスには偏りがあり(藤田・志賀 1997, 羽賀 1998, 松中ら 1998, 松中ら 2002, Umetsu et al. 2002)、とくにカリの含量が高く、リン酸の含量が低いため、乳牛ふん尿スラリー単独では十分な肥料成分を補うことができない。結果的に、化学肥料との併用などにより肥料成分の調整を行うことが必要となる(梅津ら 2003)。

一方、現在市販ないし設置されている消火器の多くは第三種粉末薬剤(リン酸二水素アンモニウム主剤)が内蔵された粉末 ABC 消火器であり、消火器生

産量の 90 % 以上を占めている(國川 2000)。その主成分はリン酸二水素アンモニウムと硫酸アンモニウムであり、窒素とリン酸に富んでいる。本研究では、資源循環と再利用を含めて、廃棄粉末消火薬剤に含まれるこれらの肥料成分に着目した。消火器は品質管理を確実にするため、設置されている消火器を定期的に点検することが消防法により義務付けられており、その際に粉末消火薬剤が交換され、その結果として廃棄粉末消火薬剤を生じる。その量は、年間生産量などから、1 年間に約 1 万 t を越すと推定される。これを肥料として使用できれば、肥料コストの低減も可能である。

そこで本研究では、乳牛ふん尿スラリーの草地および畑地への還元の際に、化学肥料および粉末消火薬剤を用いた肥料成分調整の効果について、作物の収量と養分利用率の点から評価することを目的とした。とくに廃棄粉末消火薬剤をスラリーに溶解させて肥料成分調整を行う技術の確立に主眼を置いて実施した。

2. 試料および方法

1) 供試試料

乳牛ふん尿スラリーは、未発酵生スラリー、好気発酵スラリー、嫌気発酵スラリー(メタン発酵消化液)、および農家慣行スラリーの 4 種類を供試した。未発酵生スラリーは、帯広畜産大学附属畜産ワールド科学センター内のフリーストール牛舎から採取

平成 16 年 1 月 22 日受付

平成 16 年 8 月 5 日受理

Corresponding author

谷 昌幸 Masayuki TANI

〒080-8555 帯広市稲田町西 2 線 11

Nishi2-11, Inada-cho, Obihiro, 080-8555

E-mail: masatani@obihiro.ac.jp

した搾乳牛の糞と尿を、固形分率が約5%となるように混合して調製した。好気発酵スラリーは、未発酵生スラリーの一部について、2週間の連続曝気と攪拌処理を行って調製した。嫌気発酵スラリーは、同センター内のバイオガспラントから発生した消化液を採取した。農家慣行スラリーは、北海道河東郡鹿追町の酪農家のスラリーストアから採取した。農家慣行スラリーは、曝気や攪拌がほとんど行われておらず、いわゆるストア内で貯留しただけのスラリーである。いずれのスラリーもよく混合し、使用直前まで-40℃で保存した。

粉末消火薬剤は、(株)モリタ社製粉末ABC消火器用の消火薬剤を供試した。化学肥料は、窒素肥料として硫酸アンモニウム(硫酸)、リン酸肥料として過リン酸石灰(過石)、カリ肥料として硫酸カリウム(硫加)を用いた。

2) 栽培試験

上記の供試スラリーを用いて、チモシーおよびコマツナを用いたポット栽培試験を行った。試験区として、原土区(無肥料区)、化学肥料区、スラリー単独区、およびスラリー肥料成分調整区を設定した。スラリーの肥料成分調整は、スラリーと化学肥料の併用、およびスラリーへの粉末消火薬剤の粉砕物を溶解により行った。1/5000aワグネルポットに帯広畜産大学内精密圃場から採取し2mm篩を通した淡色黒ボク土表層土壌を充填し、化学肥料およびスラリーの施用を行った後、25℃の温室内で1週間静置

した。チモシー(品種:ノサップ)については、10a当たり2kgに相当する種子を散播し、覆土と鎮圧を行った。コマツナ(品種:夏楽天)については、ポット当たり45粒の種子を均等に播種し、覆土を行った。水分を適宜調整しながら、25℃の温室内で栽培した。チモシーは2ヶ月後、コマツナは1ヶ月後に収穫し、生育調査と地上部の分析を行った。栽培試験は、いずれも3反復で行った。

各資材施用量は下記の方法に従って算出した。チモシーについては、施用する窒素(N)-リン酸(P₂O₅)-カリ(K₂O)量が10a当たりで約32-25-24kgとなるように設定した。化学肥料区は、硫酸、過石、硫加を組み合わせて上記施肥量を施用した。スラリー単独区は、各スラリーに由来する全カリ含量を基準にカリ施用量が10a当たりで24kgとなるようにスラリー施用量を算出した。化学肥料によるスラリー肥料成分調整区は、スラリー単独区と同様のスラリーを施用し、不足する窒素とリン酸を硫酸および過石の施用により補って上記施肥量に合わせた。粉末消火薬剤によるスラリー肥料成分調整区は、スラリー単独区と同様のスラリーを施用し、スラリーに由来するリン酸と粉末消火薬剤に由来するリン酸の含量を基準にスラリーへの粉末消火薬剤の添加量を算出した。ポット当たりの各資材施用量と、これらに由来する三要素の10a当たりの施用量を表1に示した。コマツナについては、施用する窒素(N)-リン酸(P₂O₅)-カリ(K₂O)量が10a当たりで約21-

表1 チモシー栽培試験区におけるポット当たりの資材施用量と三要素の10a換算の施用量

試験区	ポット当たりの資材施用量					三要素の10a換算の施用量		
	スラリー	粉末消火 薬剤	硫酸	過リン酸 石灰	硫加	窒素	リン酸	カリ
			(g / pot)			(kg / 10a)		
原土区(無肥料区)	—	—	—	—	—	0	0	0
化学肥料区	—	—	3.00	2.80	0.95	32	25	24
スラリー単独区								
未発酵生スラリー	320	—	—	—	—	24	12	24
農家慣行スラリー	128	—	—	—	—	23	11	24
嫌気発酵スラリー	160	—	—	—	—	22	8	24
好気発酵スラリー	310	—	—	—	—	20	12	24
スラリー肥料成分調整区(化学肥料)								
未発酵生スラリー	320	—	0.70	1.40	—	32	25	24
農家慣行スラリー	128	—	0.77	1.60	—	32	25	24
嫌気発酵スラリー	160	—	0.95	1.95	—	32	25	24
好気発酵スラリー	310	—	1.06	1.45	—	32	25	24
スラリー肥料成分調整区(粉末消火薬剤)								
未発酵生スラリー	320	1.22	—	—	—	34	25	24
農家慣行スラリー	128	1.25	—	—	—	33	25	24
嫌気発酵スラリー	160	1.35	—	—	—	32	25	24
好気発酵スラリー	310	1.22	—	—	—	30	25	24

表2 コマツナ栽培試験区におけるポット当たりの資材施用量と三要素の 10a 換算の施用量

試 験 区	ポット当たりの資材施用量					三要素の 10a 換算の施用量		
	スラリー	粉末消火 薬剤	硫安	過リン酸 石灰	硫加	窒素	リン酸	カリ
	(g / pot)					(kg / 10a)		
原土区 (無肥料区)	—	—	—	—	—	0	0	0
化学肥料区	—	—	2.00	2.40	0.88	21	22	22
スラリー単独区								
未発酵生スラリー	280	—	—	—	—	21	11	21
農家慣行スラリー	115	—	—	—	—	21	9	22
嫌気発酵スラリー	155	—	—	—	—	21	7	23
好気発酵スラリー	320	—	—	—	—	21	12	25
スラリー肥料成分調整区 (化学肥料)								
未発酵生スラリー	140	—	1.00	2.20	0.44	21	22	22
農家慣行スラリー	58	—	1.00	2.20	0.44	21	22	22
嫌気発酵スラリー	77	—	1.00	2.30	0.41	21	22	22
好気発酵スラリー	160	—	1.00	2.15	0.38	21	22	22
スラリー肥料成分調整区 (粉末消火薬剤)								
未発酵生スラリー	130	1.45	—	—	0.48	21	23	22
農家慣行スラリー	53	1.45	—	—	0.46	21	22	22
嫌気発酵スラリー	72	1.48	—	—	0.44	21	22	22
好気発酵スラリー	150	1.43	—	—	0.40	21	24	22

22-22kg となるように設定した。化学肥料区は、硫安、過石、硫加を組み合わせて上記施肥量を施用した。スラリー単独区は、各スラリーに由来する全窒素含量を基準に窒素施用量が 10a 当たりで 21kg となるようにスラリー施用量を算出した。化学肥料によるスラリー肥料成分調整区は、スラリー単独区の約半量のスラリーを施用し、不足する窒素、リン酸、カリを硫安、過石、硫加の施用により補って上記施肥量に合わせた。粉末消火薬剤によるスラリー肥料成分調整区は、スラリー単独区の約半量のスラリーを施用し、スラリーに由来する窒素と粉末消火薬剤に由来する窒素の含量を基準にスラリーへの粉末消火薬剤の添加量を算出した。ポット当たりの各資材施用量と、これらに由来する三要素の 10a 当たりの施用量を表 2 に示した。

3) 分析方法

供試スラリーに含まれる全窒素含量は、ケルダール分解法と水蒸気蒸留法により分析した。全リン酸と全カリ含量は、硝酸一過塩素酸分解法により湿式灰化した後、リン酸についてはバナドモリブデン酸を用いた比色法、カリウムについては原子吸光度法により分析した。スラリー中の無機態窒素については、スラリー 5g に 2mol L⁻¹ 塩化カリウム溶液 50 mL を加えて 1 時間振とうし、ろ過した試料液に含まれるアンモニア態窒素および硝酸態窒素を水蒸気蒸留法で分析した。スラリー中の抽出態リン酸とカリについては、スラリー 5g に 0.05mol L⁻¹ 塩酸と

0.015mol L⁻¹ 硫酸の混液 20mL を加えて 5 分間振とうし、ろ過しながら蒸留水で洗い込んで 100mL に定容した試料液に含まれるリン酸をバナドモリブデン酸を用いた比色法で、カリウムを原子吸光度法で分析した。

栽培後に収穫した植物体地上部については、新鮮重と草丈を測定した後に 60℃ で乾燥させ、乾物重を測定した。さらに、乾燥試料を微粉砕し、硫酸一過酸化水素水分解法により湿式灰化した。分解液に含まれる窒素を水蒸気蒸留法、リン酸を比色法、カリウムを原子吸光度法で測定した。

3. 結果および考察

1) 乳牛ふん尿スラリーの肥料成分

本研究で供試した 4 種類のスラリーについて、固形分率 (TS) および三要素含有量を表 3 に示した。TS は、農家慣行スラリーで 10% を超えたが、他のスラリーでは約 5% 前後であり、大きな差はなかった。肥料成分の含有量は、いずれのスラリーについても

表3 供試スラリーの固形分率および三要素含有率

	固形分率 (TS) (%)	三要素 (g kg ⁻¹)		
		窒素	リン酸	カリ
未発酵生スラリー	4.66	1.51	0.78	1.51
農家慣行スラリー	10.5	3.66	1.65	3.79
嫌気発酵スラリー	5.47	2.71	0.96	3.02
好気発酵スラリー	3.60	1.32	0.78	1.57

表4 供試スラリーに含まれる無機態ないし抽出態の三要素含有量および各要素の抽出率*

	無機態窒素		抽出態		抽出率		
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(%)	(%)	(%)
未発酵生スラリー	0.36	0.03	0.74	1.45	25.5	95.2	96.4
農家慣行スラリー	1.45	ND**	1.49	3.72	39.5	90.1	98.1
嫌気発酵スラリー	1.23	ND	0.86	3.02	45.4	89.0	99.9
好気発酵スラリー	0.26	0.05	0.61	1.57	23.6	78.5	99.9

* 抽出率とは各要素の全含有量に対する無機態ないし抽出態画分が占める割合を示す。

** 検出せず。

表5 チモシー栽培試験区における収穫時の草丈およびポット当たりの収量（平均値±標準偏差）

試験区	草丈 (cm)	新鮮重量 (g/pot)	乾物重量 (g/pot)
原土区（無肥料区）	18.9 ± 1.7	10.5 ± 1.3	6.4 ± 0.3
化学肥料区	26.4 ± 2.4	20.1 ± 2.5	8.7 ± 0.2
スラリー単独区			
未発酵生スラリー	26.8 ± 1.9	16.0 ± 2.6	7.4 ± 0.6
農家慣行スラリー	27.1 ± 2.3	17.1 ± 1.6	7.6 ± 0.5
嫌気発酵スラリー	25.9 ± 1.2	15.7 ± 2.0	7.5 ± 0.4
好気発酵スラリー	25.8 ± 0.8	18.9 ± 0.4	8.6 ± 0.4
スラリー肥料成分調整区（化学肥料）			
未発酵生スラリー	27.8 ± 1.4	17.2 ± 4.6	7.8 ± 0.4
農家慣行スラリー	26.2 ± 0.5	24.6 ± 2.5	8.9 ± 0.5
嫌気発酵スラリー	26.8 ± 1.0	22.7 ± 1.2	8.8 ± 0.2
好気発酵スラリー	25.4 ± 2.2	21.8 ± 8.0	9.5 ± 0.3
スラリー肥料成分調整区（粉末消火薬剤）			
未発酵生スラリー	26.4 ± 1.5	19.7 ± 2.4	8.3 ± 0.6
農家慣行スラリー	25.3 ± 1.6	20.5 ± 2.8	8.7 ± 0.2
嫌気発酵スラリー	26.3 ± 2.7	26.0 ± 5.7	8.9 ± 1.1
好気発酵スラリー	26.3 ± 2.3	25.9 ± 4.1	9.3 ± 0.7

カリが最も高く、次いで窒素、リン酸の順であり、とくにリン酸の含有率が低く、乳牛ふん尿スラリーの肥効バランスの悪さを裏付ける結果であった。スラリー中に含まれる無機態窒素量、抽出態リン酸量とカリ量、および全含有量に対する抽出率を表4に示した。未発酵生スラリーと好気発酵スラリーでは微量の硝酸態窒素が検出されたが、嫌気発酵スラリーと農家慣行スラリーではアンモニウム態窒素のみであった。窒素の抽出率は嫌気発酵スラリーが高く、メタン発酵により窒素の無機化が進んでいることを示している（Umetsu et al. 2002）。リン酸の抽出率は概ね80～90%と高く、カリではほぼ全量が抽出される傾向にあった。この結果も、乳牛ふん尿スラリーに含まれるカリの肥効が極端に高いことを裏付ける結果となった。

2) 粉末消火薬剤による肥料成分調整

緒言でも述べたように、現在主流の粉末ABC消火器に充填されている消火薬剤はリン酸二水素アンモニウムと硫酸アンモニウムを主成分とし、水溶性窒

素15%、水溶性リン酸25%を含む。しかし、消火器容器内での吸湿等による固化を防止し、かつ流動性と飛散性を高めるために粉末消火薬剤ヘシリカによる撥水处理が施されており、水に極めて溶けにくい性状を示す。そこで、粉末消火薬剤を粉碎することにより水に対する濡れ性を向上させる技術を開発し、本技術を用いることにより消火薬剤を水等に溶解させることが可能となった。この技術については特許として出願されており、現在は公開中である（特開2003-171665）。本研究においても、粉末消火薬剤粉碎物をスラリーに添加して攪拌することにより、容易に溶解させることが可能であった。さらに、廃棄粉末消火薬剤粉碎物については、副産複合肥料「モリタ1号」として肥料登録されており、農地に還元することは全く問題ないと言える。粉末消火薬剤の成分は、上記のリン酸アンモニウムと硫酸アンモニウムの2つで約93%を占め、撥水处理のために添加されたシリカが約7%含まれている。さらに極々微量の着色材が含まれているが、成分的には肥料とし

表6 コマツナ栽培試験区における株当たりの収量 (平均値±標準偏差)

試 験 区	新鮮重量 (g/株)	乾物重量 (g/株)
原土区 (無肥料区)	0.27 ± 0.05	0.03 ± 0.00
化学肥料区	1.37 ± 0.45	0.10 ± 0.03
スラリー単独区		
未発酵生スラリー	—	—
農家慣行スラリー	1.18 ± 0.33	0.09 ± 0.03
嫌気発酵スラリー	0.99 ± 0.13	0.07 ± 0.01
好気発酵スラリー	1.56 ± 0.49	0.09 ± 0.01
スラリー肥料成分調整区 (化学肥料)		
未発酵生スラリー	1.49 ± 0.15	0.10 ± 0.01
農家慣行スラリー	1.39 ± 0.19	0.10 ± 0.00
嫌気発酵スラリー	1.21 ± 0.05	0.08 ± 0.01
好気発酵スラリー	1.37 ± 0.14	0.09 ± 0.01
スラリー肥料成分調整区 (粉末消火薬剤)		
未発酵生スラリー	1.89 ± 0.11	0.11 ± 0.02
農家慣行スラリー	1.87 ± 0.11	0.11 ± 0.01
嫌気発酵スラリー	1.85 ± 0.32	0.12 ± 0.02
好気発酵スラリー	2.04 ± 0.09	0.13 ± 0.01

スラリー単独区の未発酵生スラリーについては栽培を行わなかった

て用いる上で極めて安全かつ高品質である。

3) チモシーおよびコマツナの生育

栽培2ヵ月後の各試験区におけるチモシーの草丈と収量を表5に示した。草丈は、原土区で低かったが、その他の区では大きな差が見られなかった。新鮮重および乾物重については、化学肥料区に比べてスラリー単独区で低く、乳牛ふん尿スラリーのみでは十分な肥料効果があるとは言えない。一方、スラリーと化学肥料を併用した試験区、およびスラリーに粉末消火薬剤粉砕物を溶解させた試験区では、いずれも化学肥料区と同等ないし同等以上の収量が得られた。中でも、嫌気発酵スラリーおよび好気発酵スラリーに消火薬剤を溶解させた試験区で最も収量が高い結果であった。

栽培1ヵ月後の各試験区における株当たりのコマツナの新鮮重と乾物重を表6に示した。なお、コマツナについては、未発酵生スラリーのみを施用した試験区を設定しなかった。コマツナの新鮮重および乾物重ともに、スラリー単独区は化学肥料区と同等かそれ以下であった。化学肥料を併用した試験区では化学肥料区とほぼ同等な収量であった。スラリーに粉末消火薬剤を溶解させた肥料成分調整区は、いずれのスラリーについても化学肥料区以上の収量が得られた。とくに乾物重は、チモシーと同様に、嫌気発酵スラリーおよび好気発酵スラリーに粉末消火薬剤粉砕物を溶解させた試験区で最も高い傾向であった。

図1 チモシー栽培試験区における窒素、リン酸、カリの利用率

4) 肥料成分の利用率

チモシーとコマツナの地上部乾物収量、および地上部について分析した窒素、リン酸、カリの含有量から、施用した各肥料成分の利用率を算出した。スラリー肥料成分調整区については各スラリーでの平均値を求め、スラリー+化学肥料区およびスラリー+消火薬剤区として示した。チモシーの窒素利用率、リン酸利用率、カリ利用率を図1に示した。窒素利

用率とカリ利用率については、いずれの試験区も大きな差は見られなかったが、リン酸利用率はスラリーに粉末消火薬剤粉砕物を溶解させた試験区で顕著に高かった。一方、図2に示したコマツナでは、窒素利用率とカリ利用率については、化学肥料区と比べてスラリー肥料成分調整区が高かった。また、リン酸利用率については、化学肥料区、スラリー+化学肥料区、スラリー+消火薬剤区の順に高くなり、いずれの成分についてもスラリー肥料成分調整区で化学肥料区よりも利用率が高い結果となった。

窒素利用率とカリ利用率についてチモシーとコマツナで異なる結果が得られたことに関しては、両作物の栽培期間の差に起因すると考えられ、より短期間で栽培を終えたコマツナにおいてスラリーに含まれる肥料成分の速効性が顕著に影響を及ぼしたと考えられる。一方、リン酸利用率については両作物ともスラリーに粉末消火薬剤を溶解させた試験区で高い結果となった。一般に、窒素やカリウムの作物による利用率は30～50%であるのに対し、リン酸の利用率は5～20%と低く、土壌によるリン酸の収着が原因であると考えられている(南條 1989)。また、酸性土壌におけるリン酸吸着に対する有機酸の競合効果について、クエン酸やシュウ酸などの有機酸類がリン酸と共存することによりリン酸吸着が大きく抑制されることが知られている(Hu et al. 2001)。これらのことから、スラリーに含まれる揮発性脂肪酸や腐植酸様物質、あるいは土壌中でのスラリーの分解過程で放出される有機酸類が、リン酸の土壌への吸着を抑制することにより利用率を高めた可能性が高いと考えられる。このような傾向は、コムギへのスラリー施用時にも認められている(Dravid et al. 1996, 梅津ら 2003)。

5) 結論と今後の課題

緒言でも述べたように、今後の利用と普及が期待されるバイオガスピラントから排出される嫌気発酵スラリー(メタン発酵消化液)の結果についてのみ、処理区間の有意差を含めた結果を再度示した(図3)。チモシーおよびコマツナのいずれについても、メタン発酵消化液に粉末消火薬剤を溶解させたスラリー状肥料を施用した試験区において収量が最も高く、スラリー単独区との間に有意な差が認められた。

乳牛ふん尿および廃棄粉末消火薬剤は、いずれも産業廃棄物であり、両者とも肥料ないし土壌改良材としての再利用を目指している。本研究により、これら廃棄物を組み合わせることにより非常に高い肥

図2 コマツナ栽培試験区における窒素、リン酸、カリの利用率

図3 嫌気発酵スラリー(メタン発酵消化液)を用いた試験区における収量と有意差

図中の棒グラフは収量の平均値、バーは標準偏差を示す(n=3)。バーの右に付したアルファベットは各試験区間の5%水準での有意差(FisherのLSDテスト)を示す。

料効果を得ることができることが示された。とくにチモシーの場合には、化学肥料を一切用いることなく収量を向上させることが可能であった。表1から判断されるように、乳牛ふん尿を原料とするメタン発酵消化液を草地に還元する場合には、消化液に対

して重量比約1%の粉末消火薬剤粉砕物を溶解させることにより肥料成分の調整が可能であると考えられる。しかも、この場合にはスラリー散布と肥料施用の2つの農作業工程を1つにまとめて簡素化することができる。

以上の結果から、廃棄粉末消火薬剤の粉砕物を用いた乳牛ふん尿スラリーの肥料成分調整は、牧草や作物の収量を維持ないし向上させつつ、農作業の効率化と省力化、資源の循環とコスト削減を達成できる技術となり得ると考えられる。今後は、実際の圃場レベルでの実証試験を行って、本研究で提案された技術の効果を検証する必要がある。

4. 摘要

乳牛ふん尿スラリーの草地および畑地への還元の際し、化学肥料との併用（スラリー＋化肥区）、ならびに廃棄粉末消火薬剤粉砕物のスラリーへの溶解（スラリー＋消火薬剤区）による肥料成分調整の効果についてポット栽培試験を行い、作物の収量と養分利用率から評価した。乳牛ふん尿スラリーは、処理の異なる4種類を供試した。粉末消火薬剤は、粉砕処理を行って撥水性を除去することによりスラリーへの溶解が可能となった。チモシーについては、スラリー＋化肥区およびスラリー＋消火薬剤区で、化学肥料区（化肥区）と同等ないし同等以上の収量が得られた。中でも、嫌気発酵スラリーおよび好気発酵スラリーに消火薬剤を溶解させた区で最も収量が高かった。コマツナについては、スラリー＋化肥区で化肥区とほぼ同等な収量であったが、スラリー＋消火薬剤区は、いずれのスラリーについても化肥区以上の収量が得られた。チモシーの窒素利用率とカリ利用率については、いずれの試験区も大きな差は見られなかったが、リン酸利用率はスラリー＋消火薬剤区で顕著に高かった。コマツナでは、いずれの養分利用率も化肥区と比べてスラリー肥料成分調整区が高かった。廃棄粉末消火薬剤の粉砕物を用いた乳牛ふん尿スラリーの肥料成分調整は、牧草や作物の収量を維持ないし向上させつつ、農作業の効率化と省力化、資源の循環とコスト削減を達成できる技術となり得ると考えられる。

キーワード

肥料成分調整、乳牛ふん尿スラリー、メタン発酵消化液、圃場還元、リン酸利用率、廃棄粉末消火薬剤

引用文献

- Dravid, M.S., Biswas, D.R. (1996) : Effect of phosphorous, poultry manure, biogas slurry and farmyard manure on dry matter yield and utilization of applied P by wheat. *J. Nuclear Agric. Biol.*, 25 (2) ; 89-93.
- 藤田秀保・志賀一（1997）：農耕地におけるふん尿処理物の施用効果と施用可能量。環境保全を考えた乳牛ふん尿処理と利用，酪農総合研究所，札幌，pp. 90-108.
- 羽賀清典（1998）：（押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典共編），肥料利用。畜産環境保全論，養賢堂，東京，pp. 124-133.
- Hu, H.Q., He, J.Z., Li, X.Y., Liu, F. (2001) : Effect of several organic acids on phosphate adsorption by variable charge soils of central China. *Environmental International*, 26 (5) ; 353-358.
- 國川明輝（2000）：粉末消火設備。建築技術者の知っておきたい消火設備，理工図書，東京，pp.125-143.
- 松田從三（2003）：利点が生かせる社会条件の整備が急務～バイオガスパラントの課題～。北海道のバイオガスパラント事例集，農業土木新聞社，札幌，pp.82-87.
- 松中照夫・石井岳浩・岡本英竜（1998）：曝気処理した乳牛由来液状きゅう肥のオーチャードグラスに対する肥料的効果，日本土壤肥料学雑誌69 (6) ; 598-603.
- 松中照夫・成瀬往代・鈴井美鈴（2002）：乳牛ふん尿のメタン発酵処理に伴う性状変化，日本土壤肥料学雑誌73 (3) ; 297-300.
- 南條正巳（1989）：（日本化学会編），土壌中での元素の化学変化－多量元素，微量元素。土の化学，学会出版センター，東京，pp.112-128.
- 志賀一・藤田秀保・徳永隆一・吉原大二（2001）：乳牛ふん尿の処理方法。酪農における家畜ふん尿処理と地域利用－循環型農業をめざして－，酪農総合研究所，札幌，pp.19-37.
- Umetsu, K., Kondo, R., Tani, M., Hayashi, T. (2002) : Fertilizer value of anaerobically co-digested dairy manure and food processing waste. *Green Gases and Animal Agriculture*, Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands, pp.331-342.
- 梅津一孝・山縣真人・岸本 正・谷 昌幸・林 峰

之・三崎卓也 (2003) : 乳牛ふん尿と有機性廃棄物による混合メタン発酵消化液の秋蒔き小麦(ホクシン)への施用, 農作業研究38 (4) ;199-205.

Summary

Plant growth experiments in pots were conducted to evaluate methods to supplement the efficiency of fertilizer in dairy cattle slurry by dissolving recycled dry chemical extinguishing agents (DC) in the slurry and also by adding chemical fertilizers (CF) to slurry that is applied to grass and vegetables. The yield and fertility efficiency of timothy and greens (Komatsuna) in DC and CF plots were compared with those in a plot in which only chemical fertilizers were applied (CL). The experiments used four types of slurry (fresh, aerobically digested, anaerobically digested, and stored at a dairy farm). The yield of timothy, whether with DC or CF, was almost always equal to or more than the yield of CL. The digested slurry with DC led to the highest yield. The

yield of Komatsuna in DC was more than that of CF or that of CL across all slurry types. The nitrogen and potassium efficiency of timothy differed little from plot to plot. The phosphate efficiency with DC was remarkably higher than in other plots. The fertilizer efficiency on Komatsuna, whether with DC or CF, was higher than that with CL. The supplementation of the fertilizer efficiency of dairy cattle slurry by the dissolution of DC is found to be quite effective, as it sustains yields that nearly equal or even exceed those with the application of chemical fertilizers. Additionally, the recycling of fertility resources increases the efficiency of agricultural operations, reduces labor, and reduces the costs of chemical fertilizers.

Keywords

Supplementation of fertilizer efficiency, Dairy cattle slurry, Digested slurry, Field application, Phosphate efficiency, Recycled dry chemical extinguishing agents