

マニユアスプレッダで散布された堆肥の 散布量と窒素投入量の圃場内分布

申 宝明*・佐藤 禎稔*・加藤 拓*・谷 昌幸*・岸本 正*

要 旨

マニユアスプレッダで散布された堆肥の乾物質量と窒素投入量の圃場内分布を評価するために、3つの圃場で散布試験を実施した。供試堆肥の含水率は平均で53~81%と圃場ごとに大きな差異が見られ、その変動係数はBとC圃場が4.6%以内であったのに対し、A圃場は9.4%以上とばらつきが大きかった。パーク堆肥の窒素含有量は牛ふん堆肥に比べると少なく、その平均はA圃場で14.7g/kg、C圃場で16.8g/kgであった。圃場全体の堆肥の散布量と窒素投入量の変動係数はいずれの圃場でも49%以上とばらつきが大きかった。しかし、堆肥の含水率の変動が少ない圃場では、堆肥の現物質量と窒素投入量の分布形状がほぼ一致することから、圃場内の窒素投入量を均一にするためには、堆肥水分のばらつきを少なくし、かつ堆肥散布精度を向上させることが必要であると考えられる。

[キーワード]: 堆肥散布機, 散布量分布, 窒素含有量, パーク堆肥, 牛ふん堆肥

Field Variability of the Amount of Compost and Nitrogen Input Applied with Manure Spreader

Baoming SHEN*, Tadatoshi SATOW*, Taku KATO*, Masayuki TANI*, Tadashi KISHIMOTO*

Abstract

In order to evaluate distribution variability of the dry weight and the amount of nitrogen input of the compost applied with manure spreaders, the experiments of compost application were carried out in three fields. The mean values of compost moisture content at three experimental fields range from 53 to 81%, and their differences between three fields were significant. The coefficients of variations (CVs) of moisture contents of B and C fields were less than 4.6%. In A field the CV was more than 9.4%, and the variation was great than those of B and C fields. The nitrogen content of bark compost was smaller than that of cattle compost. The average of nitrogen content of bark compost in A field and in C field were 14.7g/kg and 16.8g/kg respectively. The CVs of the amount of compost and nitrogen input at the three fields were large as 49.3% and more. However, the distributions of the amount of the compost application and the nitrogen input were similar in fields where the variation of the moisture content was small. It can be said that the reduction of moisture variability and the improvement of compost application accuracy are necessary to achieve the uniform distribution of the nitrogen input in the field.

[Keywords]: Manure spreader, Distribution map, Nitrogen content, Bark compost, Cattle compost

I 緒 言

近年、畜産業の経営規模の拡大に伴い、家畜が排泄するふん尿の量は膨大なものになっている。日本での家畜

ふん尿の総量は年間約1億トンであり、その内北海道が約2千万トンを占めている(松田, 2004)。また、ふん尿処理は畜産農家にとって非生産部門であり、これに係わる費用は収益に影響するため、環境に悪影響を与えな

*帯広畜産大学畜産学部 (〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地 TEL 0155-49-5525, E-mail shenbaoming@obihiro.ac.jp) Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Nishi 2-11, Inada-cho, Obihiro, Hokkaido 080-8555, Japan, E-mail shenbaoming@obihiro.ac.jp

いように、ふん尿の堆肥化やメタン発酵処理など、適切に処理することへの投資意欲は乏しい(吉野, 2000)。これがふん尿を廃棄物扱いにしてしまう大きな原因となるが、その利用は極めて有効な資源であることから、それらの処理方法や利用方法などを十分に検討することはこれまで以上に求められている。

家畜ふん尿堆肥(以後、堆肥と称する)は肥料の効果や土づくりの効果があり、またGHG (Greenhouse Gas) の抑制対策として注目されている。具体的には、近年化学肥料の価格高騰の影響で減肥を実現するために、代替物質として堆肥は有益である。それは、堆肥が肥料資源として適切に管理されれば、化学肥料の投入量を低減させ、農家の収益を増大させるとともに、肥料による化学物質の汚染が縮小されるなどの特徴がある(Morris et al., 1999)。また、三枝ら(2006)や松本(2008)は化学肥料換算係数を求め、それを利用して堆肥の施用量を算出することが可能であると報告している。また、堆肥は作物の養分源であるだけではなく、土壌の理化学性を改善し、土壌肥沃度を高めるには欠かせないものである。さらに、施用された堆肥は一時的に炭素源を吸収し、長期間に渡って大気中に放散する特性を持っていることから、GHG 放散コントロールが可能であると報告されている(Favoio and Hogg, 2008)。すなわち、堆肥を施用することによって、地球温暖化防止に寄与することが期待され、堆肥の有効利用は重要な課題であると言える。

堆肥の利用手段としては、主に圃場への直接還元であるが、一般に北海道では堆肥を圃場に散布するためにマニュアルスプレッダ(堆肥散布機)が使用されている。前述したような堆肥の効果を十分に発揮させるためには、理化学特性が一般的な堆肥を均一に圃場散布することは重要であると考えられる。しかし、各農家が施用している堆肥は、畜種や副資材の種類および製造過程の違いにより理化学特性が大きく異なっている(加藤ほか, 2010)。また、堆肥の散布作業を観察すると、しばしば大きな堆肥の塊が散布され、均一散布されていない状況が見受けられる。

それらの問題を解決するために、筆者らは、堆肥の均一散布技術の開発に関する研究を実施しており、圃場での堆肥散布精度や散布された堆肥の理化学的特性などを把握することは必要である。そこで、筆者らは圃場での堆肥の散布精度に着目し、散布機構が異なるマニュアルスプレッダを供試し、圃場散布時の現物質量の分布調査を行い、その散布精度を評価した。その結果、散布量は2~23t/10aであり、また変動係数が60%以上となり、圃場散布のばらつきが大きいことを明らかにした(申ほか, 2010)。一方、農家はその都度施用している堆肥の理化学的特性が異なると、圃場に散布される堆肥の窒素投入量にもばらつきが生じると考えられるが、これまでその窒素投入量の圃場内分布については報告されてい

い。

そこで、本研究は、圃場に散布された堆肥の窒素投入量を把握するために、一般に利用されているマニュアルスプレッダの中で、散布機構が異なる代表的なトラクタけん引式の3機種を供試し、3圃場について堆肥の散布量、含水率、窒素投入量を調査し、それらの圃場内分布の変動を検討した。

II 供試圃場および調査方法

1. 調査圃場および供試マニュアルスプレッダ

調査圃場は帯広市近郊のA, B, Cの3農場であり、前作はそれぞれ小麦、デントコーン、小麦であった。A圃場で供試したA機(タカキタ, LF6700)は横軸ビータ型であり、最も一般的に利用されているマニュアルスプレッダである。B圃場のB機(サムソンアグロ, Spreader Flex16)は、縦軸ビータ構造であり、後部には2列の縦軸ビータと上下方向に移動できるゲート、すなわち堆肥の排出量を調節するシャッターで構成され、ゲートの開口部の大きさによって0.4~7t/10aの範囲で散布量の調整が可能である。また、C機(クーンナイト, PT8118)は、堆肥を堆肥ホッパの左側方から排出するものであり、排出口には高剛性フリースイングハンマを装着し、堆肥やスラリーを細かく粉碎しながら15m以上の幅で散布することが可能である(申ほか, 2010)。

2. 各圃場の堆肥の含水率と窒素含有量の測定

野積みしている堆肥の含水率や窒素含有量を評価するためには、堆積された堆肥の全体からのサンプルを採ることが必要であるが、堆積堆肥の各部分から一様に採取することは難しい。そこで、本研究では堆肥の散布作業中にサンプルを採取する手法を採用した。具体的に、圃場内に64.3×38.3cmの受け箱を配置し、散布後、その堆肥を回収し、それぞれの位置での散布量、含水率、窒素含有量を分析した。

一筆圃場の堆肥の採取は面積20aに1個の割合で受け箱を配置できるように区画分けし、横250m、縦160mの4haの圃場では、50m×40mの区画を20個に区切り、その中央に受け箱を配置した(申ほか, 2010)。つぎに、図1に示すように、堆肥散布作業を開始し、散布終了直後、受け箱を回収した。堆肥の質量は最小目盛2gの電子天秤で計量し、サンプルを全量ビニール袋に入れて実験室に持ち帰った。その後、堆肥の含水率と窒素含有量は、105℃・24時間通風乾燥して、微粉碎した試料をCHN全自動元素分析装置(Elementar, varioEL)で乾式燃焼法により求め、堆積堆肥の内部の含水率と窒素含有量のばらつきを評価した。また、圃場での散布量分布を視覚化するために、グラフ作成ソフトウェア(Light Stone, Origin 8)を利用して3Dグラフを作成し、圃場に散布された堆肥の散布量、窒素投入量などの分布状態を評価した。



図1 マニユアスプレッダの散布状態と受け箱の回収作業

Ⅲ 結果および考察

1. 各圃場の供試堆肥の含水率と窒素含有量

一般に、畑作農家は堆肥を圃場の隅に野積みしており、その堆積期間は農家によって異なることから、堆肥成分のばらつきが予想される。実際に堆積堆肥の成分のばらつきを明らかにするために、供試堆肥の含水率や作物の生育に大きく影響する窒素含有量を定量して評価した。

(1) 供試堆肥の含水率の変動

各圃場の堆肥の含水率を表1に示し、その度数分布を図2に示す。図の横軸は堆肥の含水率であり、縦軸はその頻度を表す。

上図のA圃場では2種類の堆肥が供試され、バーク堆肥の含水率は46.2~60.4%であり、平均は53.0%であった。また、含水率の分布範囲は45~50%が最も多くなっているが、他の圃場と比べてもその変動幅は大きいと言える。一方、牛ふん堆肥の場合も含水率は56.9~73.8%とばらつきが大きく、度数分布の形状も台形を示したことから、この圃場では全体的に水分のばらつきが多い堆肥が散布されたと言える。

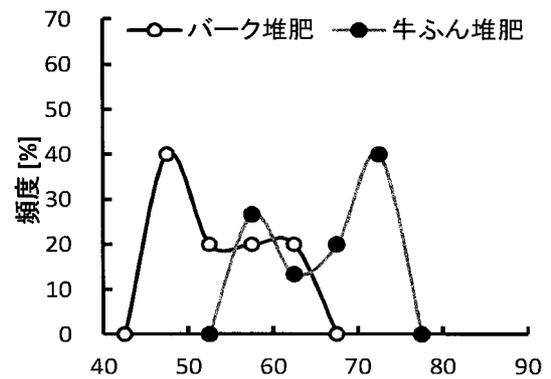
B圃場は牛ふん堆肥のみであり、含水率の平均は

表1 堆肥の含水率と窒素含有量の変動

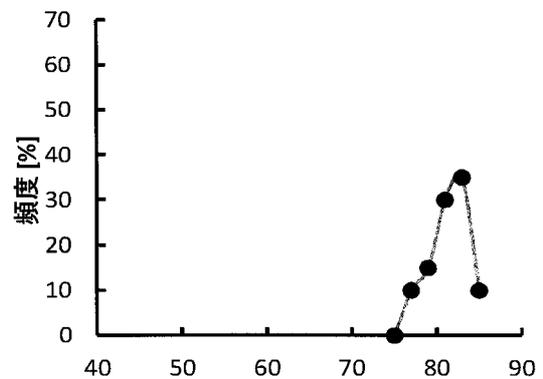
	A圃場		B圃場	C圃場	
	バーク	牛ふん	牛ふん	バーク	牛ふん
最大[%]	60.4	73.8	84.3	75.4	81.1
平均[%]	53.0	66.2	81.3	72.8	77.8
最小[%]	46.2	56.9	76.2	71.4	70.3
標準偏差[%]	5.7	6.2	2.2	1.6	3.6
変動係数[%]	10.8	9.4	2.8	2.2	4.6
最大[g/kg]	15.2	24.5	19.8	17.3	20.9
平均[g/kg]	14.7	20.4	17.2	16.8	18.4
最小[g/kg]	13.6	14.2	12.7	16.3	13.3
標準偏差[g/kg]	0.6	2.5	1.7	0.4	2.0
変動係数[%]	4.3	12.3	9.9	2.2	10.9

81.3%と最も高いが、その変動幅はA圃場より小さく76.2~84.3%であり、その変動係数は2.8%であった。また、含水率の分布は83%前後に集中しており、B圃場の堆肥は生堆肥に近い高水分堆肥であると判断できる。

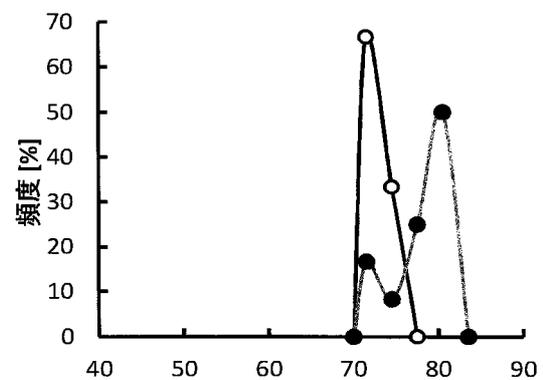
C圃場はA圃場と同様に2種類の堆肥が散布され、バーク堆肥の平均含水率は72.8%と比較的高水分であるが、その分布でも明らかのように、変動係数が2.2%とA圃場のバーク堆肥の約1/5であり、水分的には均一な堆肥であった。また、牛ふん堆肥の含水率は平均77.8%



堆肥の含水率 [%] (A圃場)



堆肥の含水率 [%] (B圃場)



堆肥の含水率 [%] (C圃場)

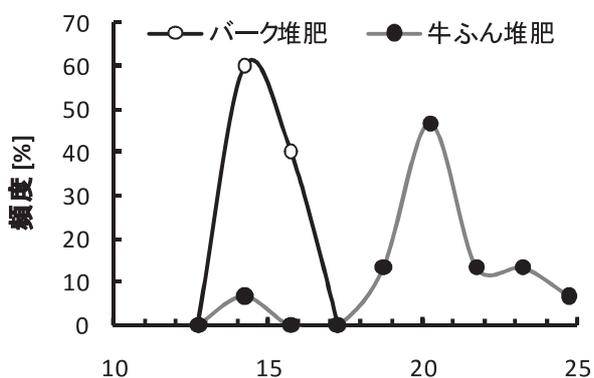
図2 各圃場での供試堆肥の含水率の度数分布

であり、その範囲も70.3~81.1%と小さいことから、B圃場と同様に比較的水分が安定した堆肥であったと言える。

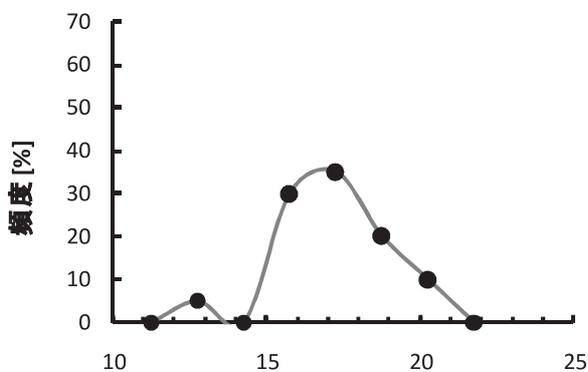
(2) 堆肥の窒素含有量の変動

各圃場の堆肥の窒素含有量を表1に併記し、その度数分布を図3に示す。図の横軸は堆肥の窒素含有量であり、縦軸はその頻度を表す。ここで、窒素含有量とは、堆肥の乾物質量1kgに含まれる窒素の質量グラムである。

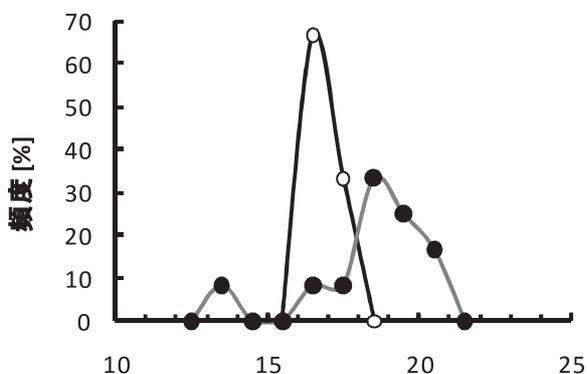
A圃場の窒素含有量は、バーク堆肥の場合、平均が14.7g/kgでその変動範囲は13.6~15.2g/kgであった。また、



堆肥の窒素含有量 [g/kg] (A圃場)



堆肥の窒素含有量 [g/kg] (B圃場)



堆肥の窒素含有量 [g/kg] (C圃場)

図3 各圃場での供試堆肥の窒素含有量の度数分布

その分布は14g/kg前後に集中しており、変動係数も4.3%と小さく、前述の水分の変動に比べてばらつきが少なかった。牛ふん堆肥は、バーク堆肥に比べると窒素含有量が平均20.4g/kgと多いが、その変動範囲は最小14.2g/kgから最大24.5g/kgと10g/kg以上の違いがあり、含水率と同様にばらつきが大きいことが明らかになった。

B圃場の窒素含有量の平均は17.2g/kgであり、その変動範囲は12.7~19.8g/kgであった。また、その分布形状は17g/kg付近を中心に広がっていることから、A圃場の牛ふん堆肥と同様に、窒素含有量のばらつきが大きい堆肥であると言える。

C圃場では、バーク堆肥の窒素含有量は最大17.3g/kg、最小16.3g/kgであり、その変動幅はわずか1g/kgであった。しかし、牛ふん堆肥の窒素含有量の変動範囲は13.3~20.9g/kgであり、その度数分布はAおよびB圃場と同様にばらつきが大きいことが判明した。

以上のように、圃場の隅に堆積している堆肥の水分はA圃場のばらつきが大きく、またAとC圃場の窒素含有量は牛ふん堆肥に比べ、バーク堆肥の方が比較的一様であったと言える。

2. 各圃場での堆肥の散布量と窒素投入量の分布

A, B, C圃場に散布された堆肥の現物質量、含水率、乾物質量および窒素投入量の変動を表2に示し、これらの分布状態を図4に立体図として示す。各図の水平軸は圃場の長短辺を示し、縦軸は散布された堆肥の散布量や窒素投入量を示す。ここで、窒素投入量とは、その位置に散布された堆肥の窒素含有量をもとにその位置での堆肥の乾物質量を乗じて単位面積10aあたりの窒素量 kg/10aを算出したものである。

A圃場の面積は4haであるため、受け箱を横5列、縦4列、計20個配置した。図4の左図のように、堆肥の現物質量と乾物質量のピークが現れる位置は、現物質量の場合が長辺120m、短辺100mに対して、乾物質量では長辺200m、短辺120mと異なる。これは、その位置での現物質量のピークが3.4t/10aであったが、堆肥の含水率は72.9%であったため、乾物質量に換算すると0.9t/10aとなる。一方、乾物質量がピークとなる位置では現物質量が3.0t/10aであったが、その位置の含水率が63.0%であったため、乾物質量に換算すると1.1t/10aと逆に大きくなってしまふことに起因する。このように、A圃場では、含水率が異なる堆肥が散布され、散布された堆肥の現物質量と乾物質量の間には、分布形状に大きな違いが現れた。

つぎに、乾物質量と窒素投入量の分布形状を比較すると、ほぼ同じ形状を示している。しかし、長辺50m、短辺40m付近では、乾物質量は0.8t/10aであり、圃場全体の平均以上の散布量となっているが、窒素投入量は7.3kg/10aであり、平均の10.3kg/10aより低くなる結果と

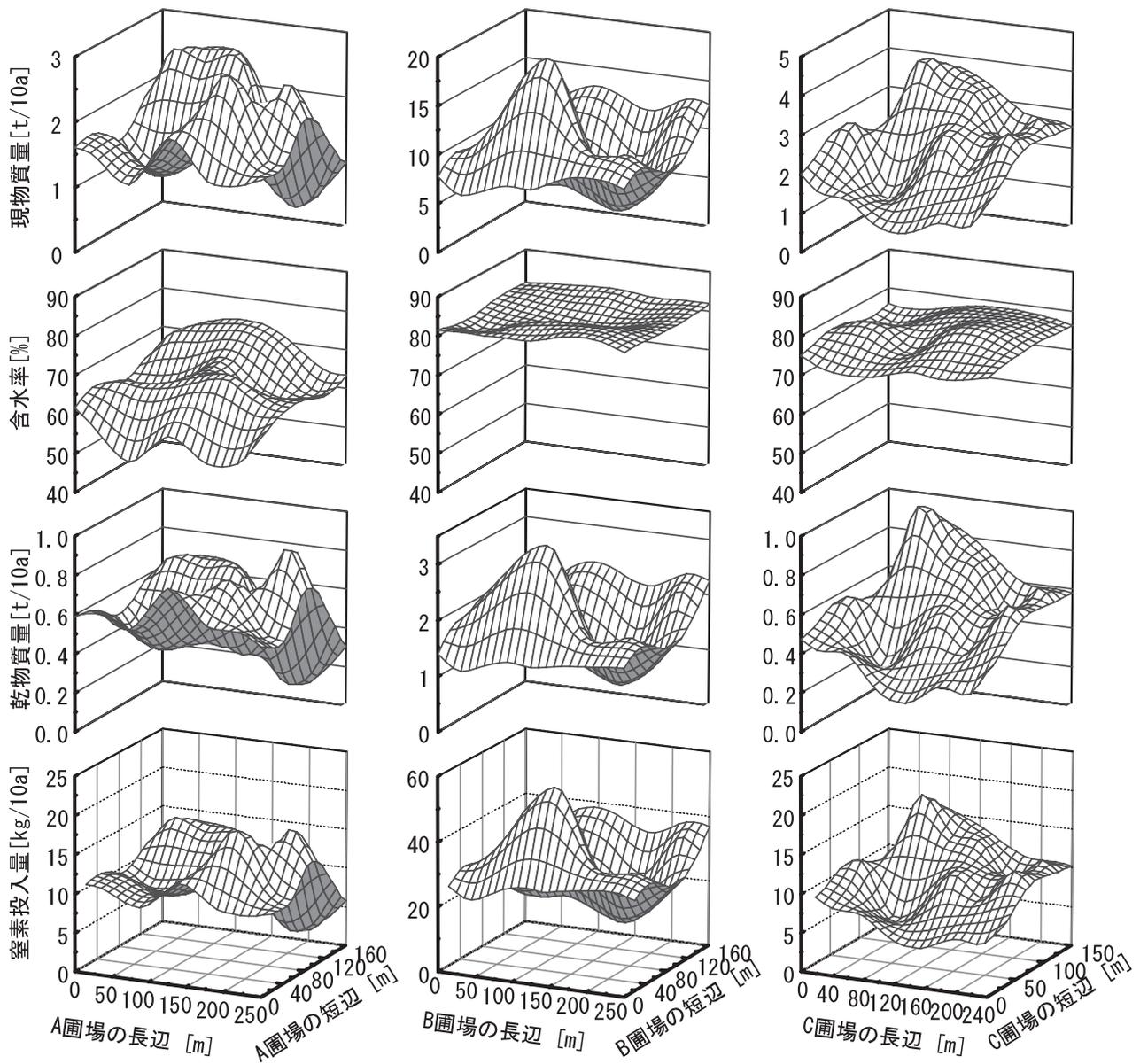


図4 各圃場の散布堆肥の現物質量，乾物質量，窒素投入量の分布

表2 堆肥の散布量と窒素投入量の変動

	A 圃場			B 圃場			C 圃場		
	現物質量 [t/10a]	乾物質量 [t/10a]	窒素投入量 [kg/10a]	現物質量 [t/10a]	乾物質量 [t/10a]	窒素投入量 [kg/10a]	現物質量 [t/10a]	乾物質量 [t/10a]	窒素投入量 [kg/10a]
最大	3.4	1.3	23.1	22.8	3.7	62.1	5.0	1.2	22.7
平均	1.6	0.5	10.3	8.8	1.6	26.9	2.2	0.5	9.1
最小	0.2	0.1	1.1	2.4	0.5	8.6	0.6	0.1	2.3
標準偏差	1.0	0.3	5.7	5.1	0.8	13.3	1.4	0.3	5.7
変動係数[%]	61.6	52.7	55.1	57.8	53.2	49.3	63.9	59.3	63.1

なった。これは、その位置での堆肥の乾物あたりの窒素含有量が13.6g/kgと少なかったためである。

B圃場の面積は、A圃場と同様であるため、受け箱の配置も同じように設置した。図4の中図のように、散布された堆肥の現物質量と乾物質量の分布形状はほぼ同様である。現物質量は長辺125m、短辺60m付近で22.8t/10aの最大となり、最小は長辺125m、短辺60m付近で2.4t/10aであった。また、乾物質量はそれぞれの位置で最大3.7t/10a、最小0.5t/10aであった。両者がほぼ同じ分布形状を示した理由は、含水率の分布図に示すように、圃場全体の変動係数が2.8%と小さく、水分が安定していたことによるものである。なお、B圃場全体の現物質量、乾物質量および窒素投入量の変動係数はそれぞれ57.8%、53.2%、49.3%であった。古橋ら(2002)はその散布むらを変動係数で20%以内に抑えることが望ましいと報告していることから、この圃場での堆肥の散布のばらつきは大きいと言える。しかし、この圃場では、現物質量と乾物質量および窒素投入量の分布はほぼ同じ形状を示していることから、マニュアルスプレッダの散布精度を改良し、現物堆肥の散布むらを低減できれば、窒素投入量のばらつきを抑えることが可能になると思われる。

C圃場の面積は3.6haであったことから、受け箱を横6列、縦3列の計18個設置した。この圃場では、含水率がB圃場と同様に比較的均一であったことから、現物質量と乾物質量および窒素投入量の分布はほぼ同じ形状を示している。具体的には、現物質量は0.6~5.0t/10aの範囲で平均は2.2t/10aであり、A圃場より若干多いものの、B圃場の1/4の散布量であった。また、乾物質量では0.1~1.2t/10aの間で変動し、平均は0.5t/10aであり、A圃場とほぼ同様の散布量であり、B圃場の1/3であった。窒素投入量は最大が22.7kg/10aであり、平均は9.1kg/10aとB圃場の1/3であった。

以上のように、マニュアルスプレッダで堆肥を散布した場合、各圃場に散布された現物質量、乾物質量および窒素投入量の分布から、それらのばらつきが大きいことが明らかになった。しかし、BとC圃場では、含水率が高いながらもそのばらつきが少なく、また窒素含有量の変動も小さいことから、散布された堆肥の現物質量の分布形状と窒素投入量の分布形状がほぼ一致している。したがって、圃場全体に窒素量を均一に散布するためには、堆肥を十分に混和して水分を一様にし、かつマニュアルスプレッダの散布精度を向上させることが必要であると考えられる。

Ⅳ 摘 要

本研究は、マニュアルスプレッダで散布された堆肥の含水率や散布量、窒素投入量を評価するために、A、B、C圃場に散布された堆肥のばらつきや散布量分布などの調査を行い、以下の結論を得た。

1) 供試堆肥の含水率は平均で53.0~81.3%と圃場ごと

に大きく異なった。また含水率の変動係数は、B圃場が2.8%、C圃場が4.6%以内であったのに対し、A圃場は9.4%以上とばらつきが大きかった。窒素含有量は、パーク堆肥は牛ふん堆肥に比べると、比較的一様であり、平均はA圃場が14.7g/kg、C圃場は16.8g/kgであった。

- 2) 各圃場に散布された堆肥の現物質量、乾物質量、窒素投入量の変動係数はいずれの圃場でも49%以上であり、ばらつきが大きいことが明らかになった。この原因はマニュアルスプレッダで散布された現物質量のばらつきに起因するものと考えられる。
- 3) 含水率の変動が少ないBとC圃場では、堆肥の現物質量と乾物質量および窒素投入量の分布形状がほぼ一致する傾向が見られた。したがって、圃場全体の窒素投入量を均一にするためには、堆肥の水分のばらつきを少なくし、かつマニュアルスプレッダの堆肥散布精度を向上させることが必要であると考えられる。

引用文献

- Favoino, E., Hogg, D., 2008. The Potential Role of Compost in Reducing Greenhouse Gases. *Waste Manage Res* 26(1), 61-69.
- 古橋弘明, 田中勝千, 本橋園司, 高野 剛, 2002. 草地における圃場情報システムの作成(第5報) —肥料散布マップ作成プログラムの開発と作成例—. 第61回農業機械学会講演要旨, 375-376.
- 加藤 拓, 申 宝明, 林 美俊, 中久保亮, 宮竹史仁, 小池正徳, 谷 昌幸, 2010. 大規模畑作地帯における牛ふん堆肥の特性と散布精度が炭素投入量に及ぼす影響. 日本土壤肥料学会講演要旨56, 113.
- 松田従三, 2004. 北海道の家畜ふん尿の処理の利用. 農業機械学会北海道支部会報44, 107.
- 松本武彦, 2008. 乳牛ふん尿処理物の肥効評価に基づくチモシー草地の施肥法に関する研究. 道立農試報告121, 1-61.
- Morris, D.K., Ess, D.R., Hawkins, S.E., Parsons, S.D., 1999. Development of Site-specific Application System for Liquid Animal Manures. *ASABE15(6)*, 633-638.
- 三枝俊哉, 渡辺 敢, 2006. 乳牛ふん尿を主原料とするバイオガスプラント消化液のチモシー採草地に対する肥効と効果の分施肥法. 道立農試集報90, 29-39.
- 申 宝明, 佐藤禎稔, 岸本 正, 谷 昌幸, 仙北谷康, 加藤 拓, 林 美俊, 2010. マニュアルスプレッダの堆肥散布機構と散布精度. 農業機械学会北海道支部会報50, 25-30.
- 吉野宣彦, 2000. 酪農専業地帯における経営改善とふん尿問題. 21世紀へのマニュアル・テクノロジー, 180-188.