

マニユアスプレッダの堆肥散布機構と散布精度

申 宝明*・佐藤 禎稔*・岸本 正*・谷 昌幸*・
仙北谷 康*・加藤 拓*・林 美俊*

要 旨

マニユアスプレッダによる堆肥の散布精度の現状を把握することを目的とし、横軸ビータ型、縦軸ビータ型、左側方散布型の3機種を対象として堆肥の散布量分布および堆肥散布精度の調査を行った。各機種の散布量分布は、いずれも山型の形状を示しており、横軸ビータ型、縦軸ビータ型では、マニユアスプレッダの中心から左右1 m以内に、それぞれ全体の76%、40%が散布され、左側方散布型は左側3~5 mの範囲に全体の71%が集中して散布された。最大散布量は横軸ビータ型が2.3t/10a、縦軸ビータ型が6.5t/10a、左側方散布型が10.3t/10aとなり、重複散布しても規定散布量である2 t/10aが望めない結果となった。また、圃場全体の堆肥散布量は各機種で0.2~3.4t/10a、2.4~22.8t/10a、0.6~5.0t/10aであり、堆肥の性状によって散布むらが大きくなることが判明した。

[キーワード]: 堆肥の利用, マッピング, 炭素循環, 精密農法

Application Characteristics of Compost in Different Mechanism of Manure Spreader

Baoming SHEN*, Tadatoshi SATOW*, Tadashi KISHIMOTO*, Masayuki TANI*,
Yasushi SENBOKUYA*, Taku KATO*, Futoshi HAYASHI*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the present situation of compost spreading with manure spreaders in Tokachi region. Therefore, three different types of manure spreaders: rear horizontal beater type (A), vertical beater type (B) and side discharge type (C), were used to determine the application pattern and accuracy of compost spreading.

Application pattern of each type also showed triangular shape. The application rates of total compost by type A and type B were 76% and 40%, respectively, within ± 1 m from the center of manure spreaders. The application rate of whole compost by type C was 71% within 3-5 m from the left side of the manure spreader. The maximum application rates of type A, B and C were 2.3t/10a, 6.5t/10a and 10.3t/10a, respectively. The expected rate of compost was not able to be applied for even if the repetition application was conducted. Based on the different characteristics of compost, the application rates of the compost in the entire field were significantly varied, because, application rate of type A ranged 0.2-3.4t/10a, B ranged 2.4-22.8t/10a and C ranged 0.6-5.0t/10a.

[Keywords]: Utilization of compost, Mapping, Carbon cycle, Precision farming

I 緒 言

現在、地球規模で温暖化や資源枯渇の問題が深刻化している中、資源の消費を抑制し、環境への負荷を低減さ

せる循環型農業の生産方式が推進されている。日本では様々な分野で資源の再生利用や有効利用に取り組んでいる(肉孜ほか, 2006)。特に、近年、土壌改良や炭素循環農法の一環として、家畜ふん堆肥(以後、堆肥と称す

* 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

る)の有効利用が注目されている。

堆肥は、農業生産の基盤である土壌の理化学性を改善し、農作物に必要な各種養分をバランス良くかつ持続的に供給する役割を持つ基幹的な農業生産資材である(松崎, 1992, 有機質資源化推進会議, 1997)。そのため、堆肥は化学肥料の減肥や土づくりなどに盛んに使用されている。特に、最近の肥料価格高騰対策として、近年では、土壌診断に基づいた過剰施肥の抑制と堆肥の活用が求められている(JA全農, 2009)。

しかし、近年の堆肥の利用状況を見ると、北海道では、酪農家戸数の減少によって農家一戸当たりの飼養頭数が増加し、酪農の経営規模は大型化の傾向にある(十勝の農業, 2007)。飼養規模が急速に拡大したことから、酪農家はふん尿を適切に処理できなくなり、それらを畑作農家の圃場内に運び、野積みするケースが多くなっている。それが原因で、地下水が汚染され、悪臭や害虫が発生している事例も見られる(桜井, 1996)。したがって、野積みを避け、適切な処理により、汚染を回避する必要がある。そのためには、家畜ふん尿を良質な堆肥として調整し、圃場に還元することがひとつの解決策であると考えられる。一般に、堆肥を圃場に散布するために、堆肥散布機(マニュアルスプレッダ)が使用されている。筆者らの観察によると、マニュアルスプレッダでの散布作業では、しばしば大きな堆肥の塊が飛ばされ、均一散布されていないような状況が見受けられる。つまり、大きな塊が散布されることにより、圃場内での散布量のばらつきが発生することになる。この問題を改善するためには、圃場を小区画に区切り、精密農業的に局所的なばらつきを測定してマップを作成し、それに応じて機械的に施肥量を自動調整するというばらつきを緩和する管理を行うことが求められる(杉浦ほか, 2005)。これらの圃場内の局所的なばらつきを示す方法として、マップ技術を利用して、圃場内のばらつきを科学的に視覚的に理解して把握することは重要であると考えられる。しかし、堆肥の散布精度については、近年、報告例がほとんど見当たらない。

そこで、本研究は、堆肥散布精度の現状を把握するために、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機種を供試して圃場での散布試験を行い、堆肥の散布精度について明らかにすることを目的とした。

Ⅱ 供試機および試験方法

1. 供試機の概要

供試した3機種のマニュアルスプレッダは、それぞれの散布機構が異なり、図1から図3にその外観を示し、それらの仕様諸元を表1に示す。A機(タカキタ, LF6700)の散布機構は横軸ビータ型であり、最も一般的に利用されている。散布量分布を均一にするために、ビータの機構は横軸ダブルビータを利用している。上部のビータは主に堆肥の山を削り、散布堆肥を一定の高さに保つ機能を持っており、下部のメインビータで堆肥を散布する。また、本機は下部のメインビータの負荷を感知し、コンベアを自動的に制御したり、シャープピン方式の安全装置を動作させたりすることが可能である。なお、A機の積載容量は5.7m³、散布幅は3m、駆動方法はトラクタのPTO駆動方式であり、適応馬力は50PS以上である。

図2のB機(サムソンアグロ, Spreader Flex 16)はデンマークからの輸入機であり、縦軸ビータ構造を持つマニュアルスプレッダである。後部には、2列の縦軸ビー



図1 A機の外観(横軸ビータ型)

表1 供試機の仕様

	A機(横軸ビータ)	B機(縦型ビータ)	C機(左側散布)
供試機	株式会社タカキタ LF6700	サムソンアグロ Spreader Flex16	クーンナイト PT8118
全長 [mm]	5,750	8,190	6,960
全幅 [mm]	2,560	2,950	2,490
全高 [mm]	1,860	2,880	1,750
全重 [kg]	1,900	4,820	3,243
散布幅 [m]	3	12	—
積載容積 [m ³]	5.7	16.0	10.0
作業速度 [m/s]	2.1	0.9	0.9

タと上下方向に自由に移動できるゲート，すなわち堆肥の排出量を制御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。縦軸ビータの場合，後方に左右両側へ散布されることから，A機より堆肥の散布幅は広くなり，その散布幅はカタログ上12mである。また，積載容量が大きく16m³であることから，大規模畑作地帯に適していると考えられている。

C機（クーンナイト，PT8118）は，堆肥を堆肥ホップの左側方から排出するマニユアスプレッダである。ホップは約9,000kgの堆肥が積載可能であり，ホップ内のツインオーガにより堆肥を排出口まで搬送する。C機の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砕しながら15m以上散布することができる。また，散布幅はスイングハンマの回転速度の設定により，調整することが可能である。

2. 調査項目

(1) 供試堆肥および圃場条件

堆肥散布作業の圃場条件を把握するために，土壤硬度和土壤含水率の調査を行った。土壤硬度は貫入式硬度計

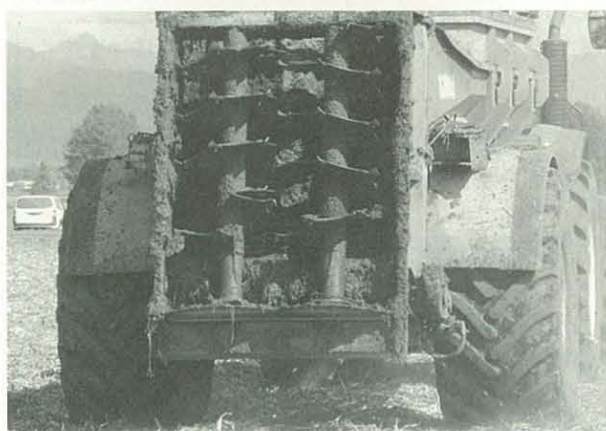


図2 B機の外観（縦軸ビータ型）



図3 C機の外観（左側方散布型）

(MARUTO, LK-100) で表面から5cmごとに30cmまで測定した。土壤含水率は0～5cmまでの土壌を採土管で採取し，105℃24時間法で乾燥して求めた。測定サンプル数は1圃場につき3点とし，その平均値を測定値とした。

(2) 堆肥の散布量分布

マニユアスプレッダの堆肥散布量分布を調査するために，配置間隔や配置個数は機種によって異なるが，トラクタの進行方向に対して垂直に間口30×39cmのプラスチック受け箱を1列に配置した。まず，横軸ビータ型のA機の散布幅は比較的狭いことから機体の中心から左右対称になるように，受け箱を50cm間隔に9個配置した。つぎに，縦軸ビータ型のB機は散布幅が広いので，配置間隔を1mにして17個配置した。さらに，左側方から散布するC機は，事前に散布状態を観察し，その散布幅が約5mであったため，C機の進行方向左方に受け箱を1m間隔に7個配置した。いずれの機種も散布後受け箱に入った堆肥の重量を計量し，10a当たりの散布量（t/10a）を算出した。なお，各圃場において3回の散布試験を実施した。

(3) 堆肥の散布精度

マニユアスプレッダの圃場全体の堆肥散布精度を調査するために，圃場に一樣に64.3×38.3cmの受け箱を配置し，散布された堆肥を計量して散布精度の評価を行った。具体的には，堆肥散布精度の調査は，まず堆肥散布作業を行う前に，巻尺を用いて圃場の形状と面積を測定し，面積20aに1個の受け箱を配置できるように区画を分けた。図4に一筆4haの圃場での受け箱配置の一例を示す。この圃場は横250m，縦160mであるため，横50m，縦40mの区画を20個区切ることができ，区画ごとにその中央に受け箱を配置した。したがって，この圃場の受け箱の配置数は20個となった。

つぎに，堆肥散布作業が開始してから，作業速度や圃場条件などを測定した。散布終了直後，受け箱を回収し，最小目盛2gの電子天秤で計量した。堆肥散布量の分布を視覚化するために，ソフトウェアOrigin 8を利用して堆肥散布のマッピングし，さらに堆肥散布の変動係数などを求め，供試機ごとの堆肥散布精度を評価した。

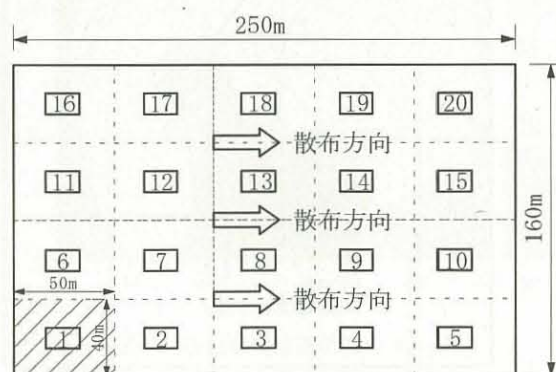


図4 受け箱の配置方法

Ⅲ 結果および考察

1. 供試堆肥および圃場条件

供試堆肥は供試圃場によって異なり、A機を使用した圃場（A圃場）は2種類で含水率が52.9%のバーク堆肥、含水率が66.2%の牛ふん堆肥であった。B機を使用した圃場（B圃場）は含水率が81.6%の牛ふん堆肥であり、また、C機を使用した圃場（C圃場）は2種類で含水率が71.2%のバーク堆肥、含水率が81.1%の糞入り牛ふん堆肥であった。

マニュアルスプレッダをけん引してトラクタが安全に走行するためには、適度な地耐力が必要である。各圃場の土壌含水率は、A圃場35.2%、B圃場33.0%、C圃場36.7%であり、ほぼ同じ水分条件であった。また、各圃場の貫入抵抗を図5に示す。土壌硬度は深さが15cmで最大に達し、1.2MPaであった。

以上のように、各圃場は柔軟な土壌ではなく（酪農施設機械試験成績書、1986）、堆肥散布には良好な作業条件であった。

2. 各機種の堆肥散布量分布

各機の散布量分布を図6に示す。図の縦軸は堆肥の10a当たりの散布量であり、横軸はマニュアルスプレッダ中心からの左右の水平距離を表す。ここで、マニュアルスプレッダの中心位置を0mとし、水平距離の負の値はマニュアルスプレッダの進行方向に対して左側の散布量を表す。なお、各図はそれぞれの機種について3回の散布実験を行った結果を示す。

上図の横軸ビータ型のA機の場合、散布量分布から

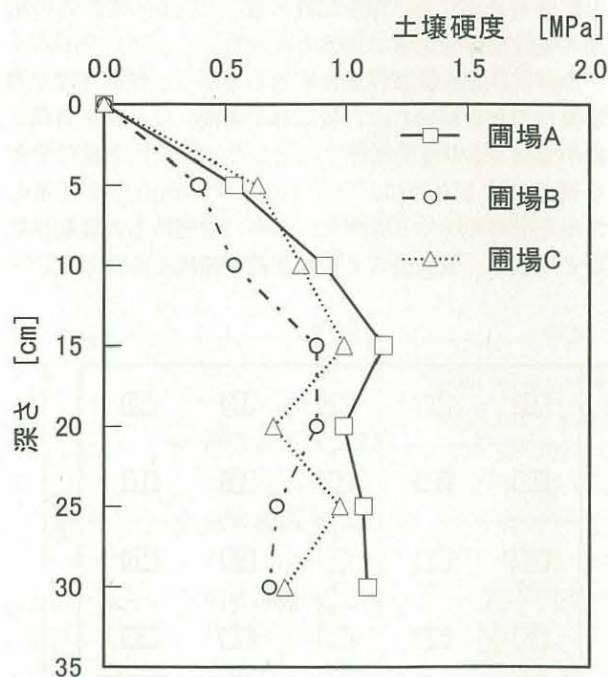


図5 各圃場の土壌の貫入抵抗

求めた有効散布幅は2mである。1回と2回目の散布形状は比較的穏やかな台形の形状を示し、A機の中心から±1.0mの範囲での散布量は1.0~2.1t/10aであり、比較的均一に散布されたと思われる。しかし、3回目の散布量を見ると、最大9.1t/10aであり、最小0.9t/10aの約10倍であった。これは、1回目と2回目に散布された堆肥はバーク堆肥であったが、3回目に散布された堆肥は糞入りの牛ふん堆肥であり、堆肥を粉碎されずに散布されたことに起因する。したがって、A機の場合、堆肥の性状によって、散布のばらつきが大きく変動することが明らかとなった。

中図は縦軸ビータ型のB機の散布量分布を示し、堆肥の散布幅は14mの範囲に分布している。散布量は極端に中央部が多くなっており、その最大が6.5t/10aであった。これは、B機の構造が2列の縦軸ビータであり、右側の軸は上方から見ると反時計方向に回転し、左側の軸はそれと反対に回転して堆肥を後方に散布するが、軸を中心に2つの山が重なって機体の中央に散布されることが明らかとなった。しかし、供試した堆肥の含水率の平均が81.6%であり、大きな堆肥の塊がなく、散布分布

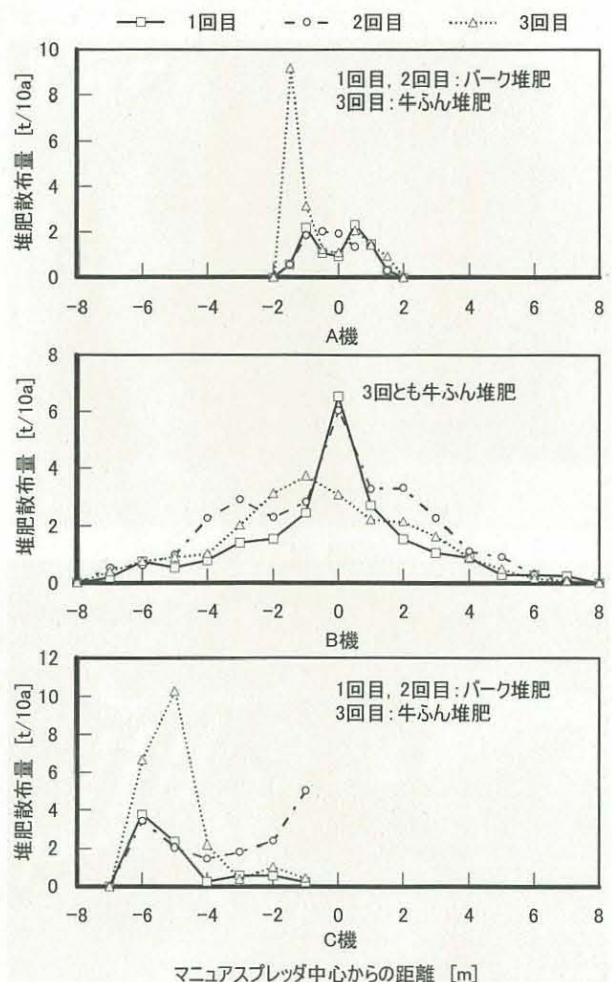


図6 各機種の散布量分布

の形状を見ると、3回の散布パターンは左右に対称の山形になっており、大きな変動はなかった。したがって、この機種の場合、供試堆肥が同じであれば、散布パターンがほぼ同様になることが確認できた。

左側方から排出するC機の散布形状を下図に示すが、その散布幅は5mである。1回目と2回目の場合、パーク堆肥が散布されたので、散布形状はほぼ同じ形状を示した。しかし、3回目は薬入り堆肥であり、散布量分布の形状は変化が大きく、散布量の最大は10.3t/10aであり、最小0.3t/10aの35倍であった。この堆肥は水分の高い牛ふん堆肥であり、前述のパーク堆肥に比べると、堆肥の塊が多く見られた。その塊が時折散布されるため、このように、散布量の大きな変動が生じてしまった。以上のように、堆肥が同じであればほぼ同様な散布パターンであり、逆に異なると散布パターンが大きく変化する。また、一般的な堆肥散布量は2～4 t/10aであると言われている（藤田ほか、1997）。したがって、A機については、パーク堆肥を利用すれば、良い散布精度が可能になると考えられる。B機については、作業速度を2倍の1.8m/sに設定すると、散布量の最大は3.3t/10aになるので、A機と同様な散布量が望まれる。C機の最大の散布量は10.3t/10aである。作業速度を5 m/sに設定すれば散布量は2.0t/10aになるが、実用的ではないと考えられる。

3. 堆肥の散布精度

A, B, C 圃場の堆肥散布精度のマップを図7に示す。縦軸は圃場の短辺であり、横軸は圃場の長辺、すなわちマニュアルスプレッダの進行距離を示す。

A 圃場では、圃場の面積に合わせて、受け箱を横5列、縦4列、計20個設置した。A 圃場では、10aあたりの散布量は2 t/10aに設定して作業を行った。上図のように、マップの全体の色、つまり散布量は均一ではなく、横軸225m、縦軸140mの付近では、最小0.2t/10aと予定散布量の10分の1であり、横軸225m、縦軸100mの地点で最大3.4t/10aと予定散布量の1.7倍であった。また、この圃場全体の堆肥散布量の変動係数は61.6%となっており、散布のばらつきが大きいことが分かる（古橋ほか、2002）。これは、散布間隔や供試堆肥に起因し、前節に述べたように、A機の有効散布幅は2mであるのに対し、実際はトラクタ作業者が3m、4mの散布間隔で作業を行ったためである。また、供試した堆肥は薬入り堆肥であり、ピータにより破碎されずに、塊が散布されたことも散布のばらつきが大きい原因であると考えられる。なお、各圃場の散布精度を表2に示す。

つぎに、B 圃場では受け箱の配置方法はA 圃場と同様とした。B 圃場の設定散布量は農家の希望により、7 t/10aに設定した。しかし、中図に示すように、横125m、縦60mの場所の散布量は最大22.8t/10aと予定散布量の3.3倍であり、横175m、縦100mの場所では最小2.4

表2 各圃場の散布精度

堆肥の散布量	A 圃場	B 圃場	C 圃場
最大 [t/10a]	3.4	22.8	5.0
最小 [t/10a]	0.2	2.4	0.6
標準偏差 [t/10a]	1.0	5.1	1.4
平均 [t/10a]	1.6	8.8	2.2
変動係数 C_v [%]	61.6	57.8	63.9

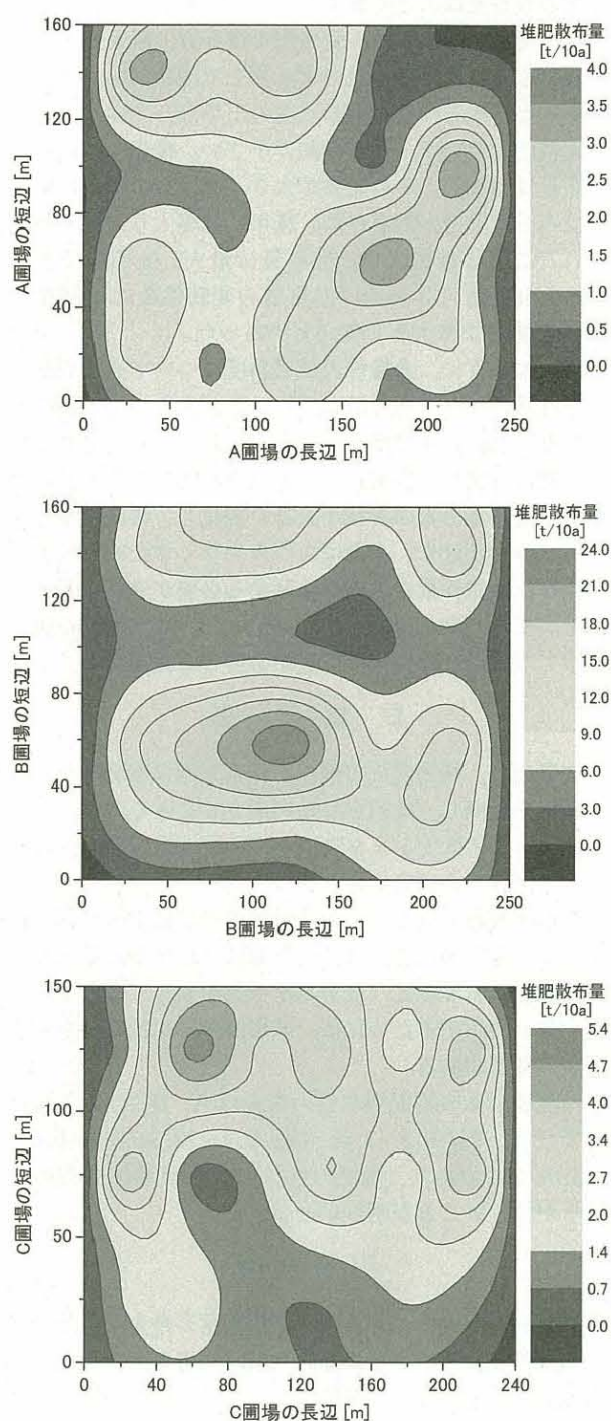


図7 各圃場の堆肥散布のマップ

t/10aと予定散布量の約3分の1であり、散布量の変動係数は57.8%であった。これは、前節で述べたように、B機の散布量分布を見ると、中心付近に集中して散布されていることに起因する。具体的には、B圃場の散布間隔は10mに設定され、往復作業で重複散布される部分があるが、計算の結果は重複場所の散布量が少ないところでは1.7t/10aである。したがって、マニュアルスプレッドが受け箱の上を通過する場合としない場合と比べると、堆肥の散布量は大きく変動することが確認できる。

最後に、C圃場では、受け箱を横6列、縦3列の計18個設置した。堆肥散布量のマップを下図に示す。全体的に見ると、散布作業の前半(図の下半分)では、散布量は比較的少ないが、その変動は小さい。後半になると、散布量は増加し、その変動が大きくなった。これは前半にはパーク堆肥が散布され、後半には薬入り堆肥が散布されたことに起因する。散布量は最大5.0t/10aであり、最小0.6t/10aであった。散布量の変動係数はA圃場およびB圃場より大きく63.9%であった。

以上のように、各機種種の散布精度について述べたが、堆肥性状により堆肥の散布ばらつきが大きいことが明らかとなった。現状では、十勝地方において利用されている堆肥の性状は、農家によって大きく異なる。そのため、堆肥の散布量分布の形状が大きく変化し、堆肥の散布精度に影響を及ぼす。このばらつきをなくすために堆肥の質や堆肥散布作業の方法を検討する必要があると考えられる。また、同じ堆肥を均一に散布し、散布量が中央に集中しないような機械の開発が必要と考えられる。

Ⅳ 摘 要

本研究は、精密農法の観点から視覚的に堆肥散布のばらつきを理解し、堆肥を有効利用することを考え、3機種種のマニュアルスプレッドについて堆肥の散布精度の調査を行い、以下の結論を得た。

- 1) 堆肥散布量分布の形状は堆肥の性状によって異なる。パーク堆肥の場合、ほぼ同じ形状を示すが、薬入りの堆肥を散布すると、散布パターンが大きく変動する。
- 2) 均一散布するためには、散布間隔や走行経路を考慮する必要がある。
- 3) 圃場全体の堆肥散布量の変動はA、B、Cの各機種でそれぞれ0.2~3.4t/10a, 2.4~22.8t/10a, 0.6~5.0t/10aであり、堆肥の性状によって堆肥散布のむらが大きいたことが明らかとなった。

引用文献

- 藤田秀保, 志賀一一, 1997. 環境保全を考えた乳牛のふん尿処理と利用. 酪農総研究所, 北海道, 25-30.
- 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)ー肥料散布マップ作成プログラムの開発と作成例ー. 第61回農業機械学会講演要旨, 375-376.

- JA全農, 2009. 土壌診断と堆肥で肥料高騰を乗り切ろう. JA全農グリーンレポート476号, 2.
- 松崎敏英, 1992. 土と堆肥と有機物(エコロジカル・ライフ). 家の光協会, 東京, 26-28.
- 酪農施設機械試験成績書, 1986. 北海道立根釧農業試験場, 北海道, 44-47.
- 肉孜阿木提, 松田清明, 佐藤禎稔, 弘中和憲, 小崎 浩, 2006. 豆殻燃焼熱を利用した農産残さ物の低コスト乾燥. 農業機械学会北海道支部会報46, 37-42.
- 桜井倬治, 1996. 環境保全型農業論. 農林統計協会, 東京, 96-100.
- 杉浦 綾, 野口 伸, 石井一暢, 寺尾日出男, 2005. ヘリコプタベスリモートセンシングのための飛行モニタリングシステム. 農業機械学会誌, 67(2), 86-92.
- 十勝農業協同組合連合会, 2007. 十勝の農業2007, 15.
- 有機質資源化推進会議, 1997. 有機廃棄物資源化大辞典. 農山漁村文化協会, 東京, 1.