

基于理化指标快速预测奶牛粪便肥料成分含量

崔兰英¹ 杨增玲² 韩鲁佳² 滕光辉¹

(1. 中国农业大学 水利与土木工程学院, 北京 100083;

2. 中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要 探讨基于相对密度、电导率和 pH 快速预测奶牛粪便肥料成分含量的可行性, 在京郊奶牛场采集代表性样本 89 份, 用实验室常规化学分析方法确定其中氮、磷、钾和铵态氮的含量, 使用密度计、电导仪和 pH 计测定其相对密度、电导率和 pH。根据奶牛粪便理化指标与粪便中氮、磷、钾和铵态氮含量的相关关系建立了基于理化指标快速预测奶牛粪便氮、磷、钾和铵态氮含量的回归方程, 分析结果表明: 总氮含量可依据电导率和 pH 进行预测 ($R^2 = 0.645$, $P < 0.001$, 精度 12.0%) , 或依据电导率、相对密度和 pH 进行预测 ($R^2 = 0.675$, $P < 0.001$, 精度 11.7%) ; 总钾含量可依据电导率进行预测 ($R^2 = 0.687$, $P < 0.001$, 精度 30.2%) ; 铵态氮含量可依据电导率和 pH 进行预测 ($R^2 = 0.717$, $P < 0.001$, 精度 19.6%) 。

关键词 奶牛粪便; 肥料成分; 预测; 电导率; 相对密度; pH

中图分类号 X 713

文章编号 1007-4333(2006)02-0098-05

文献标识码 A

Rapidly estimating fertilizer value of dairy manure based on physical and chemical properties

Cui Lanying¹, Yang Zengling², Han Lujia², Teng Guanghui¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract In order to study the feasibility of rapidly estimating fertilizer contents in dairy based on specific gravity (SG), electrical conductivity (EC) and pH, 89 samples were selected from suburb of Beijing. Total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total potassium (TK) and ammonium nitrogen (AN) contents in dairy manure were determined by traditional chemical methods. SG, EC and pH were determined in laboratory. In the experiment, the relationship between TN, TP, TK and AN contents in dairy manure and physical and chemical properties was studied and the regression equation of rapidly estimating TN, TP, TK and AN contents in dairy manure was developed based on physical and chemical properties. The results showed that EC and pH could be evaluated for estimating total nitrogen ($R^2 = 0.645$, $P < 0.001$, accuracy was 12.0%), and EC, SG and pH could be evaluated for estimating total nitrogen ($R^2 = 0.675$, $P < 0.001$, accuracy was 11.7%). EC could be evaluated for estimating total potassium ($R^2 = 0.687$, $P < 0.001$, accuracy was 30.2%). EC and pH could be evaluated for estimating ammonium nitrogen ($R^2 = 0.717$, $P < 0.001$, accuracy was 19.6%).

Key words dairy manure; fertilizer contents; estimating; EC; SG; pH

畜禽粪便是重要的有机肥, 经过无害化处理并测定畜禽粪便肥料成分, 有利于资源合理利用和环境保护。欧、美等许多发达国家研制开发了一系列畜禽粪便肥料成分快速测定装置^[1-4], 其中, 粪污计

根据粪便中氮、磷含量与干物质含量的相关关系确定其含量; 电导笔则是利用 NH_4^+ 和 K^+ 含量与粪便溶液电导率的关系来确定铵态氮和钾的含量。与传统的实验室方法相比, 这些方法简便、快速, 具有一

收稿日期: 2005-05-27

作者简介: 崔兰英, 硕士研究生; 滕光辉, 教授, 博士生导师, 通讯作者, 主要从事农业生物环境与能源工程研究, E-mail: futong@cau.edu.cn

定的使用和推广价值^[7],但由于各国的饲养模式和管理方法以及畜禽品种、粪便处理工艺等的不同,所建立的模型存在很大差异,不能直接应用于我国。

在我国已有关于肉鸡和生长肥育猪粪便理化指标与其肥料成分含量相关关系的研究^[8-10],但是不同种类动物粪便中养分含量需用不同方法估算^[6]。对奶牛粪便肥料成分含量的同类研究尚未见报道。本研究旨在研究奶牛粪便的几项理化指标与其主要成分含量的关系,以达到借助于实验室常用仪器电导仪、比重计和 pH 计快速测算其主要肥料成分含量的目的。

1 材料与方 法

1.1 样品采集与处理

2004-08—10,在北京市海淀区、昌平区、延庆县、河北邢台等地区不同模式养殖奶牛场采集犊牛、青年奶牛、育成奶牛、高产泌乳奶牛、中低产泌乳奶牛鲜粪便样品 89 份。采集时,将样品充分混合均匀,按四分法取样,一部分在 65℃ 电热鼓风干燥箱中烘干 24 h,然后回潮、粉碎,制成实验室化学分析样本,另一部分放在低温冰箱内保存待测。

1.2 主要仪器设备

比重计(刻度范围:1.000~1.150);HI9835 防水型便携式多量程电导仪(北京哈纳科仪科技有限公司产品);HI9024 型便携式高精度 pH 计(北京哈纳科仪科技有限公司产品);电热鼓风恒温干燥箱,可控温度(105±2)℃(中国重庆银河试验仪器有限公司);FOSS 2300 型全自动凯氏定氮仪(瑞典 FOSS 公司生产);FOSS 消解炉(瑞典 FOSS 公司生产);TU-1800 系列紫外分光光度计(北京市普析通用仪器设备公司生产);意大利 Milestone Touch 微波消解实验系统;AAS Vario 6 原子吸收光谱仪(德国耶拿公司生产),附有空气-乙炔燃烧器、钾空心阴极灯。

1.3 样本实验室化学分析

奶牛粪便肥料成分含量测定方法:总磷质量分数 $w(\text{TP})$ 采用钒钼黄比色法(NY/T298—1995);总氮质量分数 $w(\text{TN})$ 采用凯氏法(NY/T297—1995);铵态氮质量分数 $w(\text{AN})$ 采用蒸馏滴定法(GB/T3595—2000);总钾质量分数 $w(\text{TK})$ 采用原

子吸收火焰光度法(NY/T299—1995)。

1.4 样本理化指标的测定

1)电导率。取 100 g 样本置于烧杯中,用 300 mL 水稀释,搅拌均匀后将电导仪的电极插入,待读数稳定后记下。测定时注意将气泡排出口浸入液面,各样品搅拌时间和电极浸入试样溶液的深度保持一致。

2)相对密度 d 。取 100 g 样本放入烧杯中,用 300 mL 水稀释并搅拌均匀,水浴加热至 20℃ 以上。将洗净烘干的 500 mL 量筒平放在实验台上,小心注入试样,避免产生气泡和泡沫。待试样温度下降至 20℃ 后^[5],手执干净比重计的上端,小心置于量筒中,勿使比重计与量筒底及筒壁相接触,20 s 左右按弯月面上缘读数。

3)pH。取 100 g 样本放入烧杯中,用 300 mL 水稀释并搅拌均匀,将 pH 计的电极插入,待读数稳定后记录。测定时,每个样品搅拌时间和电极浸入试样溶液的深度保持一致。

1.5 数据处理与统计分析

使用 Excel 和 SPSS 软件进行数据处理和统计分析。

测定精度定义为:回归方程的标准误差与预测变量均值的比值。此值越小回归方程的测定精度越高。

2 结果与分析

奶牛鲜粪主要肥料成分含量和理化指标的统计结果见表 1,理化指标与各种肥料成分的相关关系见表 2~5。

表 1 奶牛鲜粪主要肥料成分含量与理化指标统计结果
Table 1 The results of fertilizer value and physical and chemical properties of dairy manure

项目	平均值	标准偏差	最小值	最大值
$w(\text{TN})/(\text{g}/\text{kg})$	3.679 5	0.755 8	2.034	5.682
$w(\text{AN})/(\text{g}/\text{kg})$	0.517 7	0.196 0	0.207	1.507
$w(\text{TP})/(\text{g}/\text{kg})$	1.095 6	0.312 7	0.455	1.708
$w(\text{TK})/(\text{g}/\text{kg})$	1.088 6	0.589 7	0.381	3.622
相对密度 d	1.016 0	0.027 7	1.009	1.029
电导率 $/(\text{mS}/\text{cm})$	3.133 5	0.994 8	1.900	6.860
pH	7.312 8	6.531 0	5.330	8.620

表2 奶牛粪便理化指标与总氮质量分数 $w(TN)$ 的相关关系方程

Table 2 The regression equations between d , pH and and $w(TN)$

因变量	自变量	回归方程	相关系数 R^2	t	P (F检验)	预测标准误差	测定精度/ %
$w(TN)$ / (g/ kg)	电导率 / (mS/cm)	$w(TN) = 1.756 + 0.601$	0.557	<0.001	<0.001	0.478 1	13.3
	相对密度 d	$w(TN) = -14.345 + 15.934 d + 0.571$	0.562	<0.001	<0.001	0.485 5	13.5
	电导率 / (mS/cm)		<0.001				
	pH	$w(TN) = 3.985 + 0.573 - 0.292pH$	0.645	<0.001	<0.001	0.432 4	12.0
	电导率 / (mS/cm)		<0.001				
	相对密度 d		<0.001				
	电导率 / (mS/cm)	$w(TN) = -32.581 + 36.908 d + 0.498 - 0.385pH$	0.675	<0.001	<0.001	0.423 2	11.7
pH	<0.001						

表3 奶牛粪便理化指标与总钾质量分数 $w(TK)$ 的相关关系方程

Table 3 The regression equations between d , pH and and $w(TK)$

因变量	自变量	回归方程	相关系数 R^2	t	P (F检验)	预测标准误差	测定精度/ %
$w(TP)$ / (g/ kg)	电导率 / (mS/cm)	$w(TK) = -0.437 + 0.479$	0.687	<0.001	<0.001	0.331 5	30.2
	相对密度 d	$w(TK) = -34.128 + 0.430 + 33.318 d$	0.718	<0.001	<0.001	0.328 3	30.3
	电导率 / (mS/cm)		<0.001				
	pH	$w(TK) = -1.545 + 0.779 + 0.133pH$	0.721	<0.001	<0.001	0.314 5	29.3
	电导率 / (mS/cm)		<0.001				
	相对密度 d		<0.001				
	电导率 / (mS/cm)	$w(TK) = -19.544 + 0.467 + 17.518 d + 0.184pH$	0.750	<0.001	<0.001	0.311 1	28.8
pH	<0.001						

表4 奶牛粪便理化指标与总磷质量分数 $w(TP)$ 的相关关系方程

Table 4 The regression equations between d , pH and and $w(TP)$

因变量	自变量	回归方程	相关系数 R^2	t	P (F检验)	预测标准误差	测定精度/ %
$w(TP)$ / (g/ kg)	电导率 / (mS/cm)	$w(TP) = 0.767 + 0.105$	0.108	<0.001	<0.001	0.300 4	27.4
	相对密度 d	$w(TP) = 0.777 + 0.031 d + 0.10$	0.108	<0.001	<0.001	0.300 2	27.4
	电导率 / (mS/cm)		<0.001				
	pH	$w(TP) = 1.163 + 0.102 - 0.0529pH$	0.120	<0.001	<0.001	0.294 8	27.4
	电导率 / (mS/cm)		<0.001				
	相对密度 d		<0.001				
	电导率 / (mS/cm)	$w(TP) = -7.998 + 9.441 d + 0.078 - 0.102pH$	0.144	<0.001	<0.001	0.295 9	27.0
pH	<0.001						

表 5 奶牛粪便理化指标与铵态氮质量分数 $w(\text{AN})$ 含量的相关关系方程Table 5 The regression equations between d , pH and $w(\text{AN})$

因变量	自变量	回归方程	相关系数 R^2	t	P (F 检验)	预测标准误差	测定精度 / %
铵态氮含量 / (g / kg)	电导率 / (ms / cm)	$w(\text{AN}) = -0.0336 + 0.182$	0.611	<0.001	<0.001	0.1242	24.0
	相对密度 d	$w(\text{AN}) = 19.097 + 0.191d - 18.858d$	0.603	<0.001	<0.001	0.1293	24.8
	电导率 / (ms / cm)			<0.001			
	pH	$w(\text{AN}) = -0.705 + 0.205 + 0.082\text{pH}$	0.717	<0.001	<0.001	0.0988	19.6
	电导率 / (ms / cm)			<0.001			
	相对密度 d	$w(\text{AN}) = 16.963 + 0.223d - 17.473d + 0.0864\text{pH}$	0.690	<0.001	<0.001	0.1156	22.2
电导率 / (ms / cm)			<0.001				
pH 值				<0.001			

由表 2 可见,总氮含量的回归方程均在 0.001 水平处高度显著,相关系数也均通过了 t 检验。比较分析各回归方程的相关系数和模型精度可知,奶牛粪便中总氮含量可使用电导率和 pH 二元线性回归方程或电导率、相对密度和 pH 的三元线性回归方程进行预测。

由表 3 可见快速预测奶牛粪便中总钾含量的回归方程均在 0.001 水平处高度显著,回归系数也均通过了 t 检验。比较分析各回归方程的相关系数、模型精度,本着简化方程的原则,奶牛粪便中总钾的含量可单独使用电导率进行快速预测。

由表 4 可见快速预测奶牛粪便中总磷含量的回归方程均在 0.001 水平处高度显著,但所有回归方程的相关系数均太低,快速测定结果误差太大。国外文献报道,奶牛粪便的相对密度与磷含量有较好的相关关系,而本实验中二者回归方程的相关系数 $R^2 = 0.028$,相关关系不明显。

由表 5 可见,快速预测奶牛粪便中铵态氮含量的回归方程均在 0.001 水平处高度显著,回归系数也均通过了 t 检验。其中,以电导率和 pH 为自变量的二元线性回归方程精度最高,奶牛粪便中铵态氮的含量可单独使用电导率进行快速测定。

3 结 论

1) 依据本实验建立的基于理化指标的奶牛粪便氮、磷、钾和铵态氮含量的回归方程,借助于简单的实验室常用仪器电导仪、密度计和 pH 计即可快速预测奶牛粪便中总氮、铵态氮和总钾含量。

2) 奶牛粪便中总氮含量可依据其与电导率和

pH 相关关系的二元线性回归方程,或与电导率、相对密度和 pH 相关关系的三元线性回归方程进行快速预测。

$$w(\text{TN}) = 3.985 + 0.573d - 0.292\text{pH}$$

($R^2 = 0.645$, $P < 0.001$, 精度 12.0 %)

$$w(\text{TN}) = 32.581 + 36.908d + 0.498\text{pH}$$

($R^2 = 0.675$, $P < 0.001$, 精度 11.7 %)

3) 奶牛粪便中总钾含量可依据电导率进行快速预测。

$$w(\text{TK}) = -0.437 + 0.479$$

($R^2 = 0.687$, $P < 0.001$, 精度 30.2 %)

4) 奶牛粪便中铵态氮含量可依据电导率和 pH 进行快速预测。

$$w(\text{AN}) = -0.705 + 0.205 + 0.082\text{pH}$$

($R^2 = 0.717$, $P < 0.001$, 精度 19.6 %)

5) 奶牛粪便中磷含量与电导率、相对密度和 pH 的相关关系方程虽然均在 0.001 水平高度显著,但由于回归方程的相关系数太低,无法满足实际生产的需要,需进行进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] Tunney H, Bertrand M. Rapid field tests for estimating dry matter and fertilizer value of animal slurries [C]. Dodd V A, Grace P M. Proc 11th Int Cong on Agricultural Engineering, Dublin: A. A. Balkema, Rotterdam, 1989:363-370
- [2] Van Kessel J S, Thompson R B, Reeves J B. Rapid onfarm analysis of manure nutrients using quick tests [J]. J Prod Agric, 1999, 12(2):215-224

- [3] Piccinin S, Borton G. The fertilizer value of agricultural manure: Simple rapid methods of assessment[J]. J Agric Engin Res, 1991,49:197-208
- [4] Cheschir G M, Westerman P W. Rapid methods for determining fertilizer value of livestock manures[R]. ASAE Paper No: 84-4082. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1984
- [5] Smith K A, Nicholson R J, Williams J R. A review of rapid methods for assessing the nutrient content of organic manures [R]. ADAS Report to MAFF Environmental Protection Division, Project Number W A 0605, 1993
- [6] Han Lujia, Trevor Cunby, Ian Scotford. 动物畜禽粪便营养成分含量的估算[J]. 农业工程学报, 1996, 12(3): 139-143
- [7] 韩鲁佳, 胡峥峥, 阎巧娟, 等. 畜禽粪便成分快速测定方法的比较研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(4): 104-112
- [8] 杨增玲, 韩鲁佳, 刘依, 等. 基于物理指标快速预测猪粪尿肥料成分含量的试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 276-280
- [9] 杨增玲, 韩鲁佳, 刘依, 等. 基于摄入养分含量预测猪新鲜粪便肥料成分含量的试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 278-283
- [10] 韩鲁佳, 胡峥峥, 阎巧娟, 等. 肉鸡粪便理化指标与其肥料成分含量的相关关系研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 123-126

www.cnki.net