

Use and Management of Animal Manure by the Communal Farmers, Seke District, Mashonaland East Province, Zimbabwe

Parwada C^{1,2*} Chigiya V^{1,3} Ngezimana W¹ Chipomho J¹ Bandason W² Nyamushamba G.B²

1. Marondera University of Agricultural Sciences and Technology, Department of Horticulture, P. O. Box 35 Marondera, Zimbabwe.

2. Faculty of Agricultural Sciences, Department of Horticulture, Women's University in Africa, P.O. Box 1175, Marondera, Zimbabwe

3. Seke Teachers College, Mangwende Road, 16120, Chitungwiza P.O. Box Sk 41, Seke, Zimbabwe

Abstract

Poor handling and storage practices reduce the manure quality as a fertilizer. A survey was done in the Seke communal area, Zimbabwe to establish common manure management practices, determine factors that influence use of manure and determine effects of the manure management practices on vegetable yield. A structured questionnaire was administered to 222 respondents from April to August 2019. Both descriptive and inferential statistics were done using SPSS. Chi-square tests and Spearman rank correlation were done to test for associations and the non-cause-effect relationship between different independent variables and farmers' management practice of manure respectively. 88% of the respondents owned <1 ha of land and chicken manure was frequently (51%) used but with least (<0.5 t/ha) application quantities. Cattle manure was applied in largest (> 0.5 t/ha) quantities and >50% of the farmers were void of information on animal manure management. Fencing only was the common type of animal housing but had negative effects on quantity and quality of the manure. Drylot was most common (90%) manure management practice and different manure management practices had significantly ($P<0.05$) varied effects on vegetable yield. Drying manure resulted in significantly ($P<0.05$) low losses in manure quality. Generally, poultry and pigs manure had higher nutrient content compared to cattle and goat manure. Animal housing affected the quantity and quality of the manures as a fertilizer. Extension service programs like vocational training on manure management, exposure visits between farmers as well as a lead farm approach are necessary.

Keywords

Animal housing; Drying; Extension services; Soil fertility; Training; Volatilization

津巴布韦东马绍纳兰省赛凯区社区农民对动物粪肥的使用和管理

Parwada C^{1,2*} Chigiya V^{1,3} Ngezimana W¹ Chipomho J¹ Bandason W² Nyamushamba G.B²

1. Marondera University of Agricultural Sciences and Technology, Department of Horticulture, P. O. Box 35 Marondera, Zimbabwe.

2. Faculty of Agricultural Sciences, Department of Horticulture, Women's University in Africa, P.O. Box 1175, Marondera, Zimbabwe

3. Seke Teachers College, Mangwende Road, 16120, Chitungwiza P.O. Box Sk 41, Seke, Zimbabwe

摘要

不当的处理和储存方式会降低粪肥作为肥料的质量。在津巴布韦赛凯(Seke)社区进行了一项调查,以建立共同的肥料管理办法,确定影响肥料使用的因素,并确定肥料管理办法对蔬菜产量的影响。2019年4月至8月,对222名受访者进行了结构性问卷调查。使用SPSS进行描述性和推理统计。用卡方检验和斯皮尔曼秩相关检验不同自变量与农户有机肥管理行为的相关性和非因果关系。88%的受访者拥有小于1公顷的土地,51%经常使用鸡粪,但只有0.5吨/公顷的用量。施用牛粪用量最大(>5吨/公顷);50%的农户对畜禽粪便管理信息缺乏了解。围篱是畜舍的常见形式,但对畜禽粪便的数量和质量有负面影响。旱地有机肥管理措施最为普遍(90%),不同有机肥管理方式对蔬菜产量的影响差异显著($P<0.05$)。干燥粪肥质量损失较低($P<0.05$)。总的来说,家禽粪和猪粪的养分含量高于牛粪和羊粪。动物饲养影响了作为肥料的粪肥的数量和质量。有必要推广服务项目,如肥料管理的职业培训、农民之间的接触访问以及主要的农场方法。

关键词

动物住房; 干燥; 扩展服务; 土壤肥力; 培训; 挥发

1 引言

撒哈拉以南非洲地区的营养不良最为普遍,因土壤肥力差,特别是土壤氮含量低,导致粮食不安全人口比例上升幅度最大(Wuta, Nyamugafata, 2012)。大多数撒哈拉以南非洲国家的化肥消耗量估计小于6千克/公顷,例如莫桑比克和津巴布韦,与马拉维(40千克/公顷)和南非(62千克/公顷)等国家相比,其比建议的比例低10%–50%(Rusinamhodzi等,2013)。在津巴布韦等国家,化肥的一般使用量低于撒哈拉以南国家的平均水平——约为14.7千克/公顷。这一数字进一步低于《非洲绿色革命肥料使用阿布贾宣言》,该宣言强调到2015年,撒哈拉以南非洲化肥使用量将从8千克/公顷增加到50千克/公顷(Bindraban等,2018)。撒哈拉以南非洲地区的大多数社区农民买不起商业化肥,因此只使用很少的化肥施用量(平均 \leq 8千克/公顷/年)(AGRA,2013年)。低施肥量导致肥料输入的氮(N)低于作物吸收的氮(Jakhro等,2017)。这种对养分的开采会导致土壤枯竭,从而限制农业的可持续性。或者,农民可以使用便宜的农场肥料来源,如动物粪便。

从古代起,动物粪便就被用作肥料,如果管理得当,它可以促进可持续农业并增加作物产量,特别是在资源有限的小农那里(AGRA,2013)。肥料中含有重要的植物营养物质,如氮、磷(P)、钾(K)等次生营养物质和微量元素,世界各地的农民都发现了它的好处,并将其与提高作物产量相关联(Efthimiadou等,2012)。与合成肥料不同的是,动物粪便还提供了能够提高土壤入渗速率、提高持水能力、增加阳离子交换能力(CEC)的有机质(Parwada和Van Tol,2018),并增加土壤电导率(Wuta, Nyamugafata, 2012)。然而,大多数撒哈拉以南非洲如津巴布韦的社区农民缺乏建议的肥料管理实践,如带顶动物住房、有防水地板或覆盖的肥料储存,造成肥料储存过程中大量的养分损失,增加温室气体排放,降低肥料的质量(AGRA,2013)。

在津巴布韦,接近70%的社区农民依靠作物-牲畜综合生产系统维持生计(Matarauka, Samaz, 2014)。在放牧稀少和草的营养价值低的干旱月份,牲畜受益于作物残留物(Mariaselvam等,2015)。牛的粪便可以用在无机肥料或没有无机肥料的农田里(Larney等,2006)。在津巴布韦农业部门,牛粪通常用于提高土壤肥力;然而,由于处理和管理

不善,其肥料价值经常降低(Wuta, Nyamugafata, 2012)。小农往往无法获得技术投入,这使得他们的产出严重依赖土地资源。然而,贫瘠的土壤肥力已被广泛认为是限制整个非洲小农农场农业生产力的主要因素(AGRA,2013)。

粪便通常收集自禽畜笼舍,如牛圈,鸡场和猪舍。收集后的粪便可以在使用前储存或堆肥,而养分的损失可能会通过淋洗和挥发产生(Rufino等,2006)。不管储存期间遇到的营养损失,粪便仍然被认为是家畜有价值的产出。影响畜禽粪便营养成分的主要因素是畜禽类型、生长期、饲养方式,以及粪肥中垫料或水的用量和类型、粪肥储存方式、粪肥储存时间和天气条件(Jakhro等,2017)。垫层材料的类型和数量决定了粪肥将被处理为固体、半固体或液体(Mariaselvam等,2015)。垫层材料包括木屑、稻壳或花生壳、锯末、亚麻秆、麦秆和再生纸产品。通过有效的处理管理措施,可以提高肥料质量,从而提高土壤生产力(Matarauka和Samaz,2014)。

动物粪便作为肥料的有效性主要取决于其处理和储存方法,以及肥料氮的矿化与作物吸收同步(Rufino等,2006)。管理得当的肥料可以提高土壤和作物的生产力,但同时还能带来其他益处,如减少硝酸盐(NO₃)和磷(P)的淋失,以及减少氨(NH₃)的挥发、一氧化二氮(N₂O)和甲烷(CH₄)的排放(Efthimiadou等,2012)。然而,粪便管理不善可能导致人类爆发人畜共患疾病(Mariaselvam等,2015)。农民可以采取的措施,在作物生产中有效地综合使用肥料,以优化肥料的效益。然而,在津巴布韦,资源贫乏的社区农民的肥料管理实践仍然是未知的。本研究旨在探讨公共农业系统中常见的肥料管理措施,确定影响肥料使用的因素,以及确定各种肥料管理措施对蔬菜产量的影响。

2 方法

2.1 地点描述

这项调查是在津巴布韦赛凯社区的7区(18°01'98" S和31°06'79" E)进行的。赛凯地区位于津巴布韦首都哈拉雷以南约36公里处。研究区为农业生态区IIB。夏季炎热潮湿(雨季)(10月至4月),冬季寒冷干燥(5月至7月)。该地区年平均降雨量850毫米,平均最高气温25.3℃,最低气温12.2℃。众所周知,赛凯地区的降雨量年际变化很大,其变化系数在23%–40%之间。主要土壤类型为花岗岩母质

形成的砂质质地土壤，属于淋洗土（粮农组织土壤分类）。

2.2 研究方法

（1）抽样程序和数据收集

2019年4月至8月，利用探索性土壤调查进行肥料管理实践调查。总共对来自津巴布韦赛凯地区的222名园艺农民进行了抽样调查。数据在农场层面上收集的，研究单位为家庭。研究重点是随机选择的三个村庄和一个共有1250户居民的地区。这些村庄经历着类似的降雨和种植模式。采用多阶段抽样程序，随机抽样三个村庄，根据农业活动和财富状况进行分层，并随机选择参与调查的家庭。对该地区的农业推广官员进行了重要的采访。采用问卷调查的方法，从选定的三个村庄中随机抽取222户家庭进行访谈。每一个村庄至少有74户家庭接受过受过训练的人口调查员使用当地方言绍纳语的访问。

（2）肥料取样与分析

从222名参与调查的农民中随机抽取15名农民作为子样本。然后从处理过的大量粪便中随机抽取500克粪便（即干肥、堆肥和厌氧分解）。共采集了45个样本进行分析。按照Okalebo等人（2000）的描述，使用TPS仪在土壤水悬浮液（比例为1:5）中测量肥料的pH值和ECs。使用Parwada和Van Tol（2018）所述方法测定肥料中的碳氮含量。根据Parwada等人的描述，测定了奥尔森可提取磷、交换性铵、硝酸盐和亚硝酸盐（2018）。

（3）数据分析

从该领域收集的数据使用社会科学统计软件包（SPSS）第23版和微软Excel进行分析。使用了描述性和推理统计。描述性统计以频度表和百分比指标为主，推理统计以Spearman秩相关为主。使用独立卡方检验来检验肥料管理与人口统计学变量之间的关系。采用Spearman秩相关分析方法，分析了不同自变量与农户有机肥管理行为之间的非因果关系。

3 结果和讨论

3.1 人口统计信息

赛凯社区从事农业的女性（52%）多于男性（48%）（表1）。大多数受访者（45%）年龄为31-40岁，46%使用家禽粪便作为肥料来源，48%接受过初级和学校教育（1级）。大多数人（88%）拥有小于1公顷的土地，园艺耕作（78%）是研究区主要的土地用途（表1）。

表1 受访者资料

	受访者 %
性别	
女性	52
男性	48
年龄（岁）	
18-30	9
31-40	45
41-60	32
>61	14
常见肥料来源	
牛	18
羊	33
鸡	46
其他	3
土地面积（公顷）	
<1	88
1-2.9	11
>3	1
受教育程度*	
Level 0	14
Level 1	48
Level 2	38
主要收入来源	
务农（园艺）	78
从事其他农业	14
其他来源	8

0级 = 没有接受过正规教育，1级 = 初级和学校教育，2级 = 高等教育

在赛凯社区观察到的人口结构可能是由于男性从农村到城市的大量迁移。妇女通常被留在农村地区，而她们的丈夫则迁移到城市地区寻找就业机会。粮农组织（2006）观察到由于城乡移民而形成的类似的农村人口结构，指出津巴布韦农村的大多数小农是妇女。此外，至少86%的津巴布韦妇女依靠土地获得收入（粮农组织，2006）。这些发现与AREX（2004）一致，她认为更多的女性构成了家庭农场的无偿劳动力，她们每天工作16-18小时。至少49%的时间用于农业活动，约25%用于家庭活动（ZimStat，2014）。不幸的是，在津巴布韦广阔的耕地面积中，妇女拥有的土地很少（Mudavanhu等，2012）。这种向男性倾斜的土地所有权可能是对拥有小于1公顷土地的受访者的反馈的原因（表1）。尽管在津巴布韦，妇女人口比例高于男性（ZimStat，2014），但大多数农村妇女缺乏财产所有权，妇女只能通过丈夫、父亲、兄弟或儿子获得土地（Mudavanhu等，2012）。

3.2 牲畜种类和粪肥数量

鸡和猪分别是家畜类型中最多的（大于50%）和较少的（1%）。少数农民（小于8%）表示他们在赛凯社区拥有自己的牛（图1）。

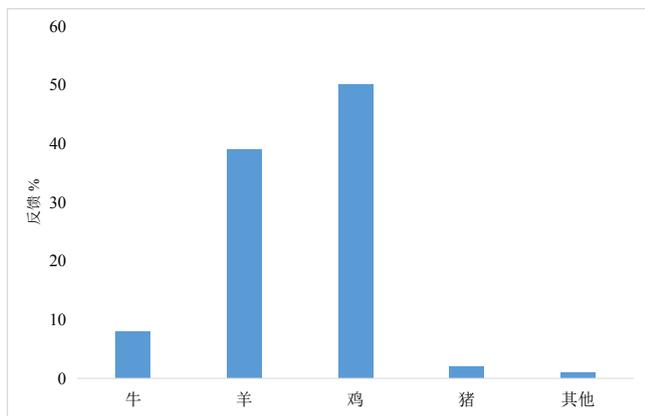


图1 所示 津巴布韦赛凯社区拥有的普通动物种类的百分比反馈

鸡粪是最常使用的肥料(51%),但施用量最少(小于0.5吨/公顷),牛粪用量最多(大于0.5吨/公顷)数量(图2)。

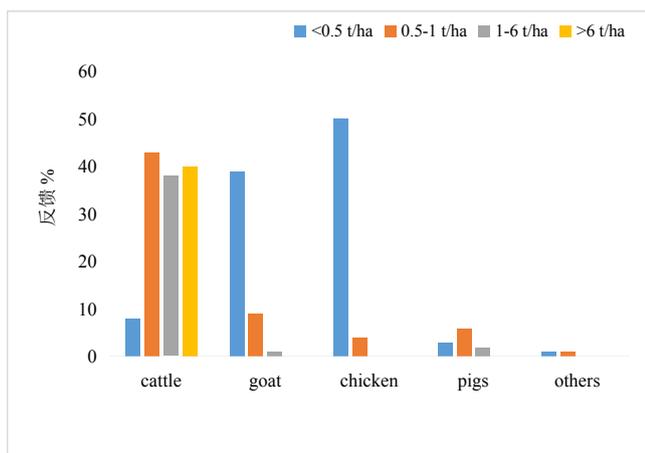


图2 津巴布韦赛凯社区每只动物粪便使用量(吨/公顷/年)

通常鸡粪的产量要比牛粪少。农民们经常在自家菜园的小菜畦(通常每个2平方米)上施用鸡粪,根据蔬菜种类每年至少两次。然而,农民们依靠牛粪来种地,因为他们想要大面积(大于2平方米)施用。鸡不能产生足够的粪便覆盖他们的土地,但牛圈可以产生大量的粪便。

3.3 肥料管理方面的知识

许多农民(大于50%)表示他们缺乏有关动物粪便管理的信息(表2)。粪便管理信息的有效性与人口统计数据(性别、年龄和教育程度)之间存在显著的($P<0.05$)相关性。大于61岁和教育水平大于1级的妇女显示拥有肥料管理信息,而受教育水平较低(小于1级)的男性缺乏肥料管理知识(表2)。缺乏有关肥料管理的信息被认为是加强肥料管理的最重要制约因素(90%的受访者)(表2)。农民对肥料管理方法及其潜在效益的认识不足,特别是在家庭层面。大多数农业推广培训计划中不包括肥料管理,这一问题通常会加剧(Matarauka, Samaz, 2014)(Matarauka, Samaz, 2014)。

至少90%的受访者确认他们每年施用牛粪,84%的受访者两年一次施用羊粪。年龄较大(31岁以上)、文化程度较高(大于1级)的人群,最多一年两次使用动物粪便(表2)。85%的受访者表示动物粪便是容易获取的,9%的受访者表示动物粪便是不可获取的。只有6%的受访者表示,他们并不拥有任何类型的动物,因此肥料不可获取(表2)。性别、年龄、

表2 津巴布韦赛凯区7区的受访者对肥料管理知识掌握的百分比(n=222)

% 受访者	所有	性别		年龄(岁)				常见肥料来源				教育**		
		女性	男性	18-30	31-40	41-60	>61	牛	羊	鸡	其他	0级	1级	Level 2
提供有关肥料使用和管理的信息														
是	10	20	4	3*	5*	28*	26*	-	-	-	-	1*	8*	11*
否	90	35	16	38*	19*	9*	4*	-	-	-	-	3*	5*	3*
施肥次数														
从未施肥	88	12	26	12*	14*	5*	0	2*	10*	0*	0*	8*	0*	0*
每年	10	8	65	9*	50*	4*	12*	90*	6*	88*	75*	63*	13*	2*
一年两次	2	78	9	79*	60*	91*	88*	8*	84*	12*	25*	29*	87*	98*
施用肥料的好处														
是	100	80*	99*	95*	99*	98*	97*	99*	98*	94*	100*	100*	97*	99*
否	0	20*	1*	5*	1*	2*	3*	1*	2*	6*	0*	0*	3*	1*
肥料可用性														
随时可用	85	79*	88*	93*	94*	95*	99*	92*	97*	99*	100*	93*	93*	1*
不可用	9	1*	2*	2*	4*	4*	1*	2*	2*	0*	0*	4*	7*	99*
不拥有动物	6	20*	10*	5*	2*	1*	0*	6*	1*	1*	3*	3*	0*	0*
常见粪肥处理方法														
干肥(7月-9月)	82	70*	88*	77*	91*	80*	8*	76*	82*	75*	86*	50*	9*	10*
堆肥	5	10*	1*	2*	0*	6*	1*	12*	8*	10*	5*	50*	26*	0*
厌氧分解	13	20*	11*	21*	9*	14*	91*	12*	10*	15*	9*	15*	65*	80*

* $P<0.05$: 对于每个卡方检验, 所显示的百分比代表列比例。** 0级 = 没有接受过正规教育, 1级 = 初级和学校教育, 2级 = 高等教育(至少持有博士学位证书)

粪肥的一般来源和教育显著 ($P<0.05$) 显著影响赛凯地区肥料的可用性和管理实践 (表 2)。所有 (100%) 的受访者都认为常见的肥料管理方法 (干肥、堆肥和厌氧分解) 和作物产量效益、性别、年龄和教育水平 ($P<0.05$) (表 2)。

在赛凯社区, 各种动物的粪便随处可见, 但管理不善。动物的居所构造很差, 通常只有围栏 (图 3), 因此粪便暴露在不利天气条件下, 导致质量迅速下降。农民们表示缺乏有关正确管理肥料的信息。这表明, 如果社区不懂得如何处理和储存粪便, 那么大部分粪便可能会在数量和质量上产生双重损失。

3.4 禽畜圈舍及收集粪便

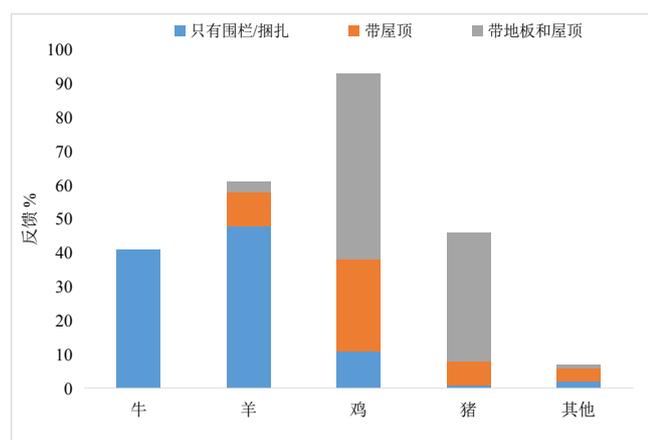


图 3 津巴布韦赛凯社区用于粪便收集和管理的动物圈舍

分别有 41% 和 48% 的受访者表示, 他们只使用围栏 / 捆扎来圈养牛和山羊。大部分鸡 (55%) 被圈养在带有地板和屋顶的鸡舍内 (图 3)。

畜舍影响着粪便的数量和质量。在津巴布韦的社区, 牛通常白天在牧场被放牧, 晚上被关在靠近家的牛栏里 (Nzuma, Murwira, 2000)。这使得夜间收集的粪便比白天多。如果整天被关在牛栏里, 一个家畜单位 (= 500 公斤活重) 每年可以产生大约 1.5 吨的可回收粪便 (Mugwira, Murwira, 1997)。在冬季 (7 月) 结束时, 人们会将堆积在牛栏里的粪便挖出来, 并在使用前堆积至少三个月。然而, 牛能提供的可用粪便量取决于几个因素, 如饲料量、饲养方式 (围栏饲养、夜间关圈或自由放养) 和粪便收集效率。放牧场地产生的粪便很难收集, 通常根本不用于作物生产。食腐动物, 尤其是鸡 (跑路的), 会把它们的粪便堆积在家庭周围, 而这些粪便通常不会被收集。

由于有机肥的营养矿化较晚, 因此有机肥的堆肥是为

了提高肥料的质量。因此, 需要对粪便进行处理, 以减少矿化在田间的时间 (Jakhro 等, 2017)。动物居所的性质可以调节粪便周围的温度, 并影响其质量。温度强烈影响所有微生物过程, 温度越高, 有机肥的硝化、反硝化和分解速度就越快 (Rufino 等, 2006)。有屋顶和地板的圈舍可以调节温度, 减少粪便的质量损失率。考虑到 48% 以上的农民没有在牛羊的房屋中铺设地板和安装屋顶, 硝酸盐会更快地形成, 并淋滤粪便。在只有围栏的圈舍里, 肥料才会直接与土壤接触, 从而增加肥料中养分的浸出率。在雨季, 围栏只会促进 NO_3 、磷, 其他营养物质和有机氯的淋洗 (Hao, Chang, 2013)。

禽畜粪便通常是由垫料、饲料废料、冲厕水、羽毛、土壤和鸡粪混合而成, 对其营养成分有明显影响。放在鸡舍里的垫料, 如果能部分覆盖在鸡粪上, 就能保存鸡粪中的营养物质, 并能防止氨挥发 (Mariaselvam 等, 2015)。然而, 垫层可以增加粪肥的碳氮比 (表 4), 因为垫层材料 (如稻草) 的氮浓度通常低于动物排泄物, 导致粪肥中有机碳含量增加 (Rufino et al., 2006)。增加碳氮比将增强土壤微生物对氮的固定, 减少挥发损失 (Efthimiadou 等, 2012)。然而, 合适的施氮时间是非常关键的, 因为微生物的氮固定可能会减少生长中的作物的氮可用性。

3.5 肥料管理实践与应用方法

赛凯社区常见的肥料种类为固体 / 干干肥 (90%)、复合肥 (60%) 和液体肥 (40%)。粪便种类取决于动物类型, 在旱地常见的是鸡粪、牛粪和山羊粪, 但猪粪大多被管理为液体 (图 4)。

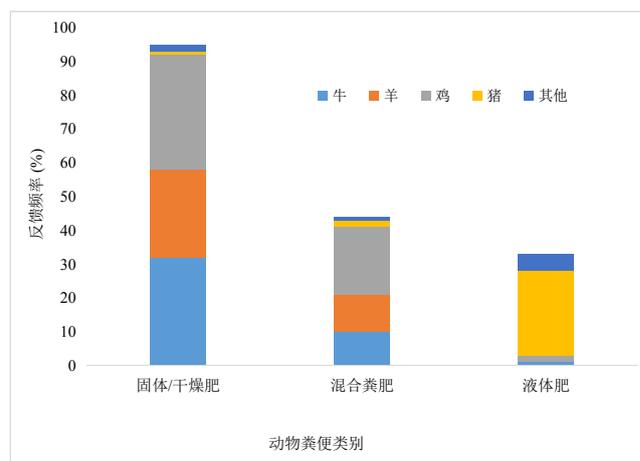


图 4. 津巴布韦赛凯社区用于蔬菜生产的常见畜禽粪便类别

有许多不同的粪肥储存系统 (Chang, Entz, 2016), 然而在赛凯区, 农民使用固体储存, 没有收集或储存尿液。在旱地系统中, 动物白天可以自由地吃草, 晚上则在围栏内过夜, 粪便是按照旱地系统管理的, 动物将大量的粪便堆积在围栏内, 之后偶尔收集 (表 2)。在其他动物被圈养的系统 (如零放牧), 粪便被收集并堆积起来, 大部分没有坚硬的地面或覆盖物。

90% 的受访者表示, 他们主要使用的是鸡粪、羊粪和牛粪的旱地管理方法 (图 4)。在这种管理方法中, 没有收集尿液, 也很少使用垫料。这可能会导致氮和钾的大量流失, 尤其是大部分尿液的流失。加上畜舍和粪肥储存设施, 以及时间, 粪肥中的部分营养物质可以在下雨和裸露粪肥期间通过地表径流淋滤和丢失。收集尿液的情况下, 有地板和屋顶的动物房屋将减少钾的损失。使用垫料, 具有足够的吸收能力来捕获尿液, 可能会减少氮的损失 (Hao and Chang, 2013)。

不到 30% 的受访者表示他们使用了液体系统 (主要来自猪)。在这种粪便管理实践中, 粪便和尿液被储存在一起。在液体系统中, 挥发损失将取决于通风程度、储罐深度和贮存时间, 但通常在排泄总氮的 5% 到 35% 之间 (Matarauka 和 Samaz, 2014)。在液体粪肥中, 大约 50% 的氮来自溶液中的氨氮, 而氨气的蒸气压很高, 所以当粪肥暴露在空气中时, 它很容易挥发 (Chang and Entz, 2016)。暴露量越大, 即与

空气接触的比表面积越大, 氨气的挥发量就越大。如果将粪肥直接储存在与土壤接触的地方 (只有栅栏的圈舍), 其质量损失会很大, 液体会渗入土壤, 淋出氮、磷、钾、有机和其他化合物。

3.6 畜禽粪便处理及施用方式对蔬菜生产的影响

农民表示会把肥料用在洞里、犁沟或用在不同种类的蔬菜上 (表 3)。施肥方式受肥料处理方法和作物类型的影响显著 ($P < 0.05$)。

在赛凯社区种植的所有蔬菜上干肥对穴施施肥方式影响显著 ($P < 0.05$) (表 3)。厌氧分解对所有种植蔬菜的施肥方式影响不显著 ($P > 0.05$)。赛凯社区的农民更倾向于将粪便晾干并在洞内施用以进行厌氧分解 (表 3)。施肥方式非常重要, 因为它决定了肥料的有效性。施肥后应立即将肥料加入土壤中, 以便为植物生长保留更多的养分 (Mugwira, Murwira, 1997)。Larney 等人 (2006) 指出, 如果在 8 小时内吸收, 液体肥料中约有 90% 的氮可供植物生长, 而如果在 5-7 天内吸收, 则只有 40% 的氮可供植物生长。值得注意的是, 在赛凯社区, 尿液和液体肥料通常不被管理或用于农业土壤, 而是被留下 (溢出), 因此它们要么进入土壤, 要么未经任何处理就被冲进水体。

不同的粪肥处理方法对粪肥质量有不同的影响, 相比堆肥和厌氧分解, 干肥保存了更多的养分, 从而避免了损失 (表

表 3 津巴布韦赛凯地区施肥处理和施用方法对某些常见作物产量影响的 Spearman 秩相关系数 (rs)

作物	施肥方式	肥料处理方法		
		干肥	堆肥	厌氧分解
叶菜	穴施	0.69*	0.53*	0.34
	犁沟	0.71**	0.42	0.28
	广撒	0.33	0.38	0.17
西红柿	穴施	0.63*	0.61*	0.50
	犁沟	0.55*	0.70**	0.30
	广撒	0.43	0.37	0.21
土豆	穴施	0.73**	0.70*	0.32
	犁沟	0.59*	0.45	0.22
	广撒	0.36	0.30	0.16
黄瓜	穴施	0.50*	0.39	0.30
	犁沟	0.48	0.24	0.25
	广撒	0.28	0.19	0.14
洋葱	穴施	0.57*	0.65*	0.44
	犁沟	0.43	0.44	0.29
	广撒	0.34	0.26	0.17

* 和 ** P 值分别为 0.05 和 0.001, 差异均有统计学意义

4)。然而，每个动物类型的粪肥养分含量因所用的粪肥处理方法不同而显著不同。总体而言，三种处理方式中，鸡粪的碳氮比均低于牛粪和羊粪。

施用粪肥的营养成分及其为作物生长提供养分的能力受到粪肥初始营养状况及其管理方式的影响(Larney等, 2006)。粪肥的初始营养成分主要取决于动物类型或品种、饲养方式和饲料质量。表4显示了不同肥料的组成，其中家禽肥料含有最高的营养浓度。大体上，单胃的(家禽和猪)生产肥料的养分含量较高，相比反刍动物(牛、羊)而言(表4)，不过，从数量上看，农场上大部分的粪便都来自牛羊(图2)。肥料管理实践可以通过改变通常影响肥料的养分损失速率的环境条件如温度、降水和湿度来改变肥料质量(Nzuma, Murwira, 2000)。粪肥处理方式的选择，加上畜舍类型的选择，可以改变粪肥的质量。通常情况下，只有围栏比围栏和地板以及带有地板和屋顶的围栏质量损失率更高(图3)。

干肥和堆肥可以保持粪肥的养分含量，但是厌氧分解会导致粪肥中大量的营养物质流失(表4)。大部分的碳和氮被转化为气体，剩下的用于作物生长的营养成分很少(表4)，因此大多数农民并没有从这种类型的肥料中得到多少好处，因此很少使用(表3)。

4 结论和建议

本研究中主要的畜舍类型(仅围栏)容易造成粪便质量的高损失。粪便收集无效，因为大部分粪便没有被收集，特别是像牛和鸡这样的动物的粪便。通常采用干肥、堆肥和厌氧分解等处理方法，干肥处理比其他处理方法能保存更多的养分，避免养分流失。在蔬菜生产中，农民们更喜欢采用干肥和穴施肥料的方法。然而，性别、年龄、教育和信息的缺乏限制了动物粪便的使用和管理。大量农民将粪便储存在没有屋顶和隔水地板的地方，导致粪便因雨水和太阳的照射而

表4. 津巴布韦赛凯地区不同粪肥处理方法对其营养质量的影响

粪肥来源	参数	干肥	堆肥	厌氧分解
牛	pH (H ₂ O)	7.9 ± 0.2	7.6 ± 0.2	7.2 ± 0.2
	EC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	590.3 ± 20.3	400.2 ± 20.3	234.0 ± 20.3
	总碳 (%)	28.9 ± 5.1	19.0 ± 5.1	7.1 ± 5.1
	总氮 (%)	1.1 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.2 ± 0.1
	碳氮比	26.3 ± 0.5	23.8 ± 0.5	35.5 ± 0.5
	奥尔森可提取磷 (mg kg ⁻¹)	910.0 ± 11.2	804.4 ± 11.2	304.4 ± 11.2
	可提取铵根 (mg kg ⁻¹)	278.2 ± 8.4	261.6 ± 8.4	123.6 ± 8.4
羊	pH (H ₂ O)	7.5 ± 0.2	7.2 ± 0.2	7.8 ± 0.2
	EC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	617.3 ± 20.3	502.5 ± 20.3	278.1 ± 20.3
	总碳 (%)	21.4 ± 5.1	19.9 ± 5.1	10.4 ± 5.1
	总氮 (%)	2.1 ± 0.4	1.1 ± 0.4	0.4 ± 0.4
	碳氮比	10.2 ± 0.5	18.1 ± 0.5	26.0 ± 0.5
	奥尔森可提取磷 (mg kg ⁻¹)	1200.0 ± 11.2	1198.1 ± 11.2	682.7 ± 11.2
	可提取铵根 (mg kg ⁻¹)	258.3 ± 8.4	243.6 ± 8.4	118.2 ± 8.4
鸡	pH (H ₂ O)	7.1 ± 0.2	7.8 ± 0.2	7.9 ± 0.2
	EC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	634.4 ± 20.3	569.1 ± 20.3	323.8 ± 20.3
	总碳 (%)	13.6 ± 5.1	12.7 ± 5.1	10.7 ± 5.1
	总氮 (%)	8.15 ± 0.8	7.06 ± 0.8	2.1 ± 0.8
	碳氮比	1.7 ± 0.5	1.8 ± 0.5	5.1 ± 0.5
	奥尔森可提取磷 (mg kg ⁻¹)	1524.0 ± 11.2	1456.7 ± 11.2	867.6 ± 11.2
	可提取铵根 (mg kg ⁻¹)	321.3 ± 8.4	241.6 ± 8.4	165.0 ± 8.4
猪	pH (H ₂ O)	7.8 ± 0.2	7.7 ± 0.2	7.9 ± 0.2
	EC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	516.5 ± 20.3	410.3 ± 20.3	299.1 ± 20.3
	总碳 (%)	13.9 ± 5.1	11.8 ± 5.1	8.2 ± 5.1
	总氮 (%)	6.13 ± 0.3	3.9 ± 0.3	0.9 ± 0.3
	碳氮比	2.3 ± 0.5	3.0 ± 0.5	9.1 ± 0.5
	奥尔森可提取磷 (mg kg ⁻¹)	1034.0 ± 11.2	998.5 ± 11.2	578.7 ± 11.2
	可提取铵根 (mg kg ⁻¹)	289.5 ± 8.4	273.8 ± 8.4	152.1 ± 8.4

大量流失养分。管理得当的畜禽粪便可以有出许多好处，如改变土壤性质，增加土壤的保水能力，从而提高作物在低降雨量下的生产力。有必要通过旨在进行能力建设的推广服务向农民提供肥料管理方面的信息，如职业培训、农民之间的接触访问以及领先的农场推广方法。在家庭层面，农民应该为畜舍设置围栏、地板和屋顶，以提高畜禽粪便的数量和质量。需要对粪肥的使用进行进一步的研究，并证明妥善管理粪肥的适宜性和效益。

感谢

这项研究没有得到任何具体的资助，而是作为津巴布韦马龙德拉农业科学技术大学和非洲妇女大学的工作的一部分进行的。作者感谢津巴布韦赛凯区7区社区农民允许我们在他们的地区进行这项研究。

相互竞争的利益

作者声明，他们没有相互竞争的利益

数据可用性声明

支持本研究结果的原始数据可从通讯作者处获得。

参考文献

- [1] AGRA. 2013. Africa Agriculture Status Report: Focus on Staple Crops. Nairobi: Alliance for Green Revolution in Africa (AGRA). Available online at: <http://agra-alliance.org/download/533977a50d-bc7/>
- [2] AREX. 2004. Zimbabwe. Dept. of Agricultural Research & Extension "National Report." Volume 3, Harare.
- [3] Bindraban, P., Mose, L., Hillen, M., Gonzalez, M. R., Voogt, M., Leenaars, J., Langeveld, K. and Heerink, N. 2018. Smart fertilization and water management – Kenya – Netherlands Aid-and-Trade opportunities. IFDC Report 2018/1. International Fertilizer Research Center, Muscle Shoals, Alabama, USA pp.102.
- [4] Chang, C and Entz, T. 2016. Nitrate leaching losses under repeated cattle feedlot manure applications in southern Alberta. *J. Environ. Qual.* 25: 145–153
- [5] Efthimiadou, A., Froud-Williams, R.J., Eleftherohorinos, I., Karanis, A, and Bilalis, D.J. 2012. Effects of organic and inorganic amendments on weed management in sweet maize. *International Journal of Plant Production* 6, 291 – 307
- [6] FAO. 2006. World reference base for soil resources 2006: A framework for international classification, correlation, and communication. *World Soil Resources Reports*, 103: 145.
- [7] Hao, X and Chang, C. 2013. Does Long-Term Heavy Cattle Manure Application Increase Salinity of a Clay Loam Soil in Semi-Arid Southern Alberta. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 94: 89–103.
- [8] Jakhro, M. I., Shah, S.I., Amanullah, A., Zehri, M.Y., Rahujo, Z.A., Ahmed, S and Jakhro, M.A. 2017. Growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea*) under fluctuating levels of organic and inorganic fertilizers. *International journal of development research.* 7: 11454–11460.
- [9] Larney, F.J., Sullivan, D.M., Buckley, K.E and Eghball, B. 2006. The role of composting in recycling manure nutrients. *Can. J. Soil Sci.* 86: 597 – 611.
- [10] Mariaselvam, A.A, Dandeniya, W.S., Indraratne, S.P and Dharmakeerthi, R.S. 2015. "High C/N Materials Mixed with Cattle Manure as Organic Amendments to Improve Soil Productivity and Nutrient Availability." *Tropical Agricultural Research* 25 (2): 201. <https://doi.org/10.4038/tar.v25i2.8142>
- [11] Matarauka, D and Samaz, M. 2014. "Organization of Manure from Ruminant (Cattle and Goat) in Wedza Smallholder Farming Area, Zimbabwe." *International Journal of Manures and Fertilizers.* Vol. 3. www.internationalscholarsjournals.org
- [12] Mudavanhu, V., Muchabaiwa, L., Chigusiwa, L., Bindu, S., Mapfumo, T., Karambakuwa, R and Chingarande, A. 2012. The role of women in reducing absolute poverty in rural Zimbabwe: A Case Study of Bindura District (2008 to 2011). *International Journal of Management Sciences and Business Research* 1 (10): ISSN (2226–8235)
- [13] Mugwira, L.M and Murwira, H.K. 1997. "Use of Cattle Manure to Improve Soil Fertility in Zimbabwe : Past and Current Research and Future ZIMBABWE : PAST AND CURRENT RESEARCH AND FUTURE," no. 2: 1 – 33
- [14] Nzuma, J.K and Murwira, H.K. 2000. Improving the management of manure in Zimbabwe. *Managing Africa's soil.* Russel Press, Nottingham. 15: 20.
- [15] Okalebo, J.B., Gathua, K.W and Woomer, P.L. 2000. Labora-

- tory Methods of Soil and Plant Analysis: A Working Manual. TSBF-KARI-UNESCO, Nairobi, Kenya
- [16] Parwada, C and Van Tol, J. 2018. Effects of litter source on the dynamics of particulate organic matter fractions and rates of macroaggregate turnover in different soil horizons. *European Journal of Soil Science*. doi: 10.1111/ejss.12726
- [17] Rufino, M. C., Rowe, E. C., Delve, R. J and Giller, K. E. 2006. Nitrogen cycling efficiencies through resource-poor African crop-livestock systems. *Agric. Ecosys. Environ.* 112, 261 - 282. doi: 10.1016/j.agee.2005.08.028
- [18] Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Zingore, S., Nyamangara, J and Giller, K.E., 2013. Pushing the envelope? Maize production intensification and the role of cattle manure in the recovery of degraded soils in smallholder farming areas of Zimbabwe. *Field Crops*
- [19] Wuta, M and Nyamugafata, P. 2012. Management of cattle and goat manure in Wedza smallholder farming area, Zimbabwe. *African Journal of Agricultural Research*. 7: 3853-3859.
- [20] ZIMSTAT. 2014. *Compendium of statistics 2014*. Harare, Zimbabwe.